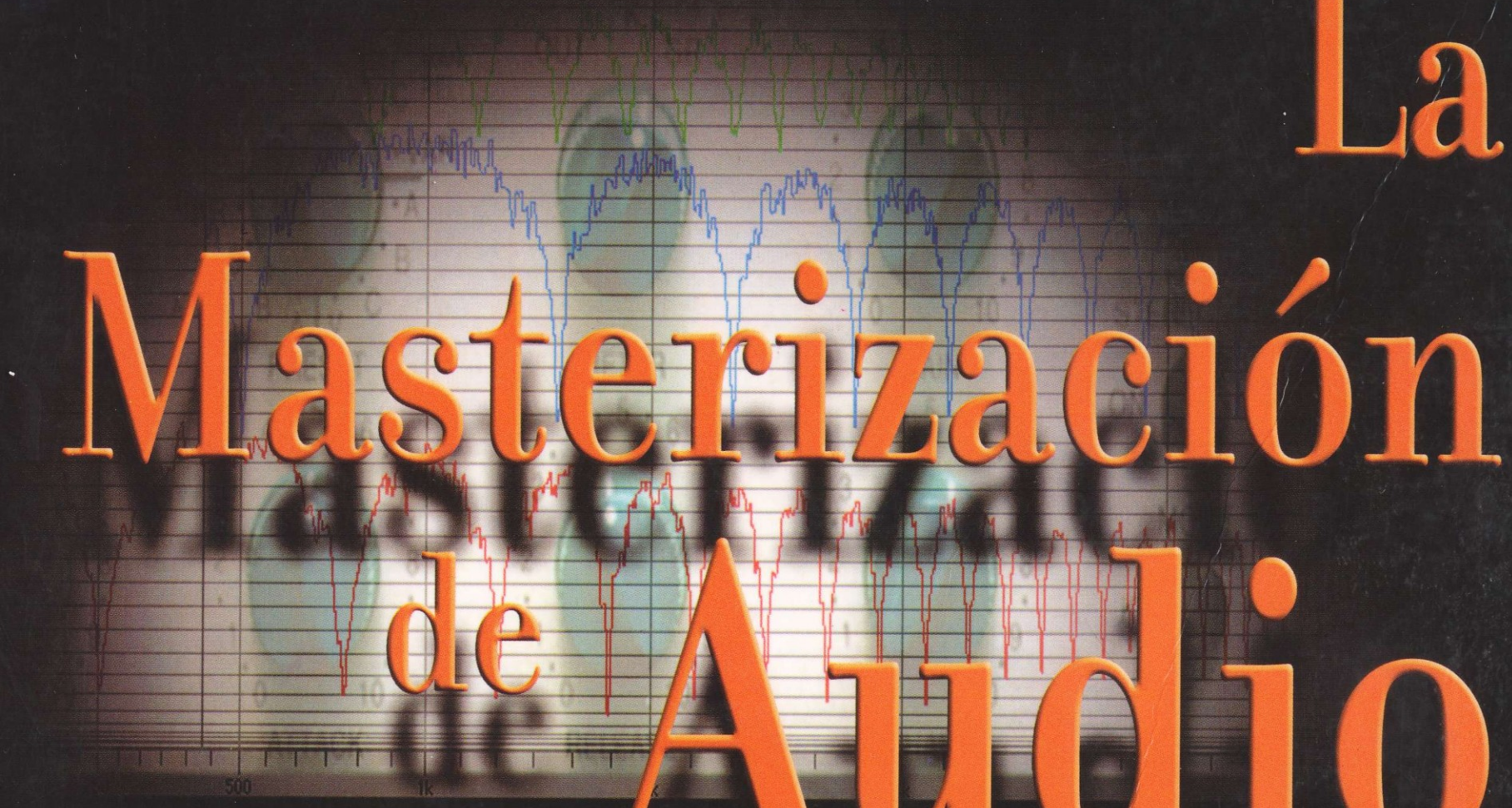
Bob Katz

La Masterización de Audio

el arte y la ciencia



ESCUELA DE CINE Y VÍDEO

La Masterización de Audio

(Mastering Audio, the art and the science)

El arte y la ciencia

Bob Katz

Título original:
Mastering Audio, The Art and the Science
Autor:
Robert A. Katz.
Copyright © 2002 by Robert A. Katz. All rights reserved.
Originally published in English by Focal Press, an imprint of Elservier Science. Burlington Massachusetts, USA. http://www.focalpress.com
ISBN: 0-240-80545-3 (Edición original en inglés)

Ni la Editorial ni el Autor se hacen responsables en ningún caso de los posibles daños a propiedades o personas que puedan derivarse de la utilización, sea ésta cual sea, de la que puedan derivarse de la información contenida en este libro.

Traducción, Edición, Maquetación y Fotocomposición:
ESCUELA DE CINE Y VÍDEO.

Imprenta: ANtzA

Editor y titular de los derechos de la versión española en todo el mundo:
ESCUELA DE CINE Y VÍDEO
Avda. Ama Kandida, s/n - 20.140 ANDOAIN
Guipúzcoa ESPAÑA
Tel: 34-43-59-41-90 - Fax: 34-43-59-15-62
web: http://www.escivi.com
ISBN: 84-933445-5-9
Depósito Legal:

Dedicatoria

Este libro está dedicado a **Mary Kent,** mi mejor amiga (y mi esposa) durante más de 17 años, sin cuyo amor y apoyo ¡hoy no sería nada!

Dedico asimismo este libro a aquellos ingenieros de masterización cuyo trabajo admiro de manera especial: **Bernie Grundman, Ted Jensen, Bob Ludwig, Glenn Meadows, Bob Olhsson y Doug Sax.** Aunque no os conozco a todos en persona, quiero expresar cuanta satisfacción ha traído a mi vida vuestro excelente trabajo, a través de los muchos LP y CD que habéis masterizado.

Y para finalizar, una dedicatoria para los que vienen por detrás... Ya que ellos trabajarán con herramientas que apenas hemos soñado. Si eres joven, recuerda proteger tu oído, porque es un don precioso que no puede ser recuperado una vez perdido.

— B. K.

Reconocimientos y agradecimientos a...

Un agradecimiento internacional al **Doctor Eric James** (www.urmadio.com) de Gran Bretaña (aunque lo conocí en Hong Kong), cuya entusiasta y empática revisión ayudo a hacer este libro ¡mucho más corto y convincente!

Gracias a **Mary Kent, Deborah Dunkle, David Hudzik, Mark Corbin y Dale Drumbeller de Digital Domain,** Orlando, cuya valiosa ayuda mantuvo en marcha la producción del libro, contribuyendo en última instancia a su pulido *look and feel.* ¡Gracias también a **Gail Kent** de Orlando por sugerir el ocurrente juego de palabras del título! Y gracias también al Productor de Jazz de Orlando **Charlie Bertini,** por encontrar y conservar una perfecta reproducción del gráfico del Carnegie Hall, que se incluye en el interior de la portada de este libro.

En cuanto a las otras imágenes, doy las gracias a **Mary Kent** por las fotos del bastidor (*rack*) y el Mytek del Capítulo 2, la preciosa foto en color del estudio que aparece al final de la sección de color, además de agradecerle ¡que me haya hecho parecer mucho más joven! Yo saqué las fotos del Dorrough y de los osciloscopios del Capítulo 2, la foto de la radio de coche del Capítulo 6, y los fabricantes proporcionaron el resto de las imágenes de los equipos. Generé todos los diagramas de flujo y los diagramas utilizando Macdraft.

Gracias a **Jim Johnston** de Nueva Jersey*, uno de los más inteligentes expertos en audio que conozco, que con sus comprobaciones de datos en algunos capítulos críticos y conocimiento compartido me mantuvo en el buen camino. También me clarificó parte del funcionamiento más oculto de los equipos y del oído humano. Por favor, écheme la culpa a mí, y no a Jim, de cualquier inconsistencia que se haya podido deslizar en el texto. Mis agradecimientos a **Konrad Strauss**† de Illinois, que revisó el trabajo y me hizo sugerencias de gran ayuda. Gracias también a **Bob Ludwig** de *Maine's Gateway Mastering,* uno de tipos más ocupados y más agradables del mundo del audio, que leyó el manuscrito y realizó valiosas aportaciones.

Agradecimientos a los diseñadores gráficos de Orlando **Toni González** y **Thuan Nguyen** de *Art Tested Graphics* (arttested@cfl.rr.com) por plasmar maravillosamente y de manera colorista el íntimo sueño visual de un libro. Y *muchas gracias* a José Pacheco de Miami (xilvalr@bellsouth.net) por el evocativo, profundo y misterioso diseño y composición de la portada.

Gracias a **Roger Nichols** por escribir el prólogo, por hacer algunos de los *mixes* y *masters* que mejor suenan del planeta y ¡por simplemente ser Roger! La magnifica climatología de Florida ha atraído a Roger a Miami, donde dirige un estudio de masterización, puedes ponerte en contacto con él en: Roger24bit@aol.com.

Gracias a **Richard Hulse** de Nueva Zelanda por refinar la Técnica de la Compresión Paralela en el ámbito analógico, y atraer mi interés sobre ello, lo que me llevó a convertirla para el campo digital, tal y como se describe en el Capítulo 11. Gracias al británico **Mike Collins,** escritor, por poner el acento en los problemas con QC y Electronic Delivery a través de diversos artículos en la revista *One to One,* lo que inspiró mi propia investigación de esos problemas en el Capítulo 1. Mi agradecimiento al ingeniero de masterización de Illinois **Jim Rugby** por hablarnos del CD de texto (Capítulo 20). Gracias a **Dan Stout** de *Colossal Mastering,* Chicago, por ponernos sobre aviso del estado actual de los duplicadores de CD de gama baja. Gracias al alemán **Ralph Kessler** de Pinguin Audio, *www.masterpinguin.de,* por ayudar a especificar de una manera estricta el comienzo y el declive de las constantes de los medidores del K-System, que Ralph ha implementado en su propio sistema.

Gracias a **Bob Orlan,** de San Leandro, California, *www.orban.com,* y **Frank Foti,** *www.omniaaudio.com,* dos gurús del tratamiento radiofónico, por proporcionar el texto de su excelente artículo para el Apéndice 1. Agradecimientos a **Tardon Feathered** de San Francisco y **Marvin Humphrey** de Mr. Toads, *www.mrtoads.com,* también de San Francisco, por producir el CD ***What is Hot,*** colaborando y organizando el concurso ***What is Hot*** en el *Mastering Webboard,* y por localizar a **Bob Orban** para responder a tan esencial cuestión.

Gracias a **BJ Buchalter, Stu Buchalter** y **Dan Metivier** de *Metric Halo Labs,* Castle Point, Nueva York, *www.mhlabs.com,* por idear y mantener **Spectra Foo,** una de las herramientas de análisis de audio más potentes y económicas del universo. B.J., uno de desconocidos genios del audio, me enseñó lo suficiente sobre FFT como para poder vadearme en el tema, pero nunca podría alcanzar su asombroso nivel de *gestalt einsteiniana.*

Gracias a **Seva,** de Tennessee, antes en ***Waves,*** por ayudar en el desarrollo de sus productos en busca de una autentica utilidad e interesante feedback de usuario. Las imágenes de Transfer Function del capítulo sobre dinámica son adaptaciones de capturas de pantalla de *Waves C1 Comp* y *Waves Gate.*

* Investigador del audio, antiguo científico investigador de Bell Labs/AT&T, un experto en la ciencia y el arte de la codificación perceptiva, tanto en audio como en video.

† Director en funciones de las Artes de la Grabación (*Recording Arts*), Profesor asociado invitado de Música, Escuela Universitaria de Música de Indiana.

Agradecimientos al Productor/Ingeniero/Diseñador de Nashville George Massenburg, *www.gmlinc.com,* **por su inspiración, constante búsqueda de la excelencia, e interminable conocimiento de la historia del audio, música y tecnología. George ha producido algunos de los álbumes con mejor sonido de la historia. Estoy orgulloso de que compartamos muchas de las impresiones sobre lo que crea un buen sonido. Gracias también a Al Grundy de Nueva York, fundador del** *Institute of Audio Research;* **a Ray Rayburn de Boulder, Colorado; a Steve Washburn de Harford, Connecticut; y a Noel Smith de Nueva Cork, cuya amistad y guía a lo largo de los años me condujo a través de muchos temas difíciles del audio. De manera similar, el británico Michael Gerzon y Deane Jensen de California fueron genios efímeros, que contribuyeron muchísimo a este mundo del audio, y que generosamente compartieron conmigo sus pensamientos a lo largo de los años.**

Gracias a Julian Dunn, de Gran Bretaña, por tu desinteresada ayuda explicando los aspectos más ocultos de la distorsión ¡y otros asuntos! Agradezco a Thomas Lund, de Dinamarca, de TC Electronic, un buen amigo y uno de los mejores ingenieros técnicos de soporte de este planeta, por ayudar a hacer del Sistema 6000 uno de los procesadores de audio más poderosos y más sencillos de utilizar. El también ha editado las versiones preliminares de los manuscritos que forman la piedra angular de un par de capítulos del libro. Gracias a Glenn Zelniker, de Z-Systems, Florida, y a Daniel Weiss y Andor Bariska de Weiss Audio, Suiza, por hacer de la excelencia y la perfección en el audio vuestra principal prioridad, y ¡permitir meterme en casi todas las características que un ingeniero de masterización podría desear!

Gracias a Diane Wurzel, y a los desconocidos héroes de Focal Press, que demuestran el mismo cuidado y atención al detalle en la industria editorial ¡que nosotros ponemos en el audio!

Por último, quiero dar las gracias a todos mis camaradas de Internet, demasiado numerosos para ser mencionados, que participan en el *Mastering Webboard* **y que generosamente comparten sus ideas. Sus nombres son mencionados aquí y allá en nuestras notas a pie de página. Y una vez más, el mismo Glenn Meadows de Nashville, que fundó los foros de Internet** *Mastering and Sadie Webboards* **(http://webbd.nls.net:8080/~mastering) y que participa desinteresadamente en el espíritu global de la educación y explicación del audio.**

—B. K.

Contenidos

Prólogo 9

Introducción 11

Parte I: La Preparación

Capítulo 1 **Ningún Ingeniero de Masterización es una isla** 17

Capítulo 2 **Conectar todo** 35

Capítulo 3 **Una sesión de** *oidorientación* 41

Capítulo 4 **Las Longitudes de palabras y el Tramado** 49

Capítulo 5 **Decibelios Para Torpes** 61

Capítulo 6 **La Monitorización** 75

Parte II: Técnicas de Masterización

Capítulo 7 **Reunir el Álbum** 87

Capítulo 8 **Técnicas de ecualización** 99

Capítulo 9 **Cómo Manipular el Rango Dinámico para nuestro Disfrute y Beneficio**

Parte I: Macrodinámicas 109

Capítulo 10 *Parte II: Los procesadores descendentes* 117

Capítulo 11 *Parte III: Los Procesos Perdidos* 133

Capítulo 12 **La Reducción de ruido** 139

Capítulo 13 **Otros Procesamientos** 145

Parte III: Teoría y Práctica Avanzada

Capítulo 14 **Como realizar mejores grabaciones en el siglo XXI**

La Calibración del Nivel del Monitor 165

Láminas de Color 177

Capítulo 15 **Como realizar mejores grabaciones en el siglo XXI**

El K-System, un Enfoque Integrado de la Medición, Monitorización, y Prácticas de Ajuste de Niveles 185

Capítulo 16 **El Procesamiento Analógico y Digital** 197

Capítulo 17 **Como Obtener Profundidad y Dimensión en la Grabación, Mezcla y Masterización** 211

Capítulo 18 **Las Altas Tasas de Muestreo: ¿Está Esto Donde Debe?** 221

Capítulo 19 **La Inestabilidad de Fase: Separando los Mitos de los Misterios** 227

Capítulo 20 **Consejos y Trucos** 245

Contenidos continuación

Parte IV: Fuera de la Jungla

Chapter 21 Educación, Educación, Educación 263
Chapter 22 Por Fin 267

Parte V: Apéndices

Appendix 1 La Verdad sobre la Preparación para Radio 271
Appendix 2 La Torre de Babel de los Formatos de Fichero de Audio 279
Appendix 3 La Preparación de Cintas y Archivos para la Masterización 283
Appendix 4 Informes y Etiquetas para Cintas, Discos y Cajas 289
Appendix 5 Decibelios 292
Appendix 6 Conversiones de Q a Ancho de Banda (A/B) 293
Appendix 7 Siento la Necesidad de Velocidad 294
Appendix 8 Siento la Necesidad de Capacidad 295
Appendix 9 Notas al Píe sobre el K-System 296
Appendix 10 Lecturas recomendadas, CDs Pruebas 299
Appendix 11 Biografía de Eric James 301
Appendix 12 Biografía de Robert A. Katz 302
Appendix 13 Glosario 307

Índice 311
Epílogo 319

Prólogo

Por Roger Nichols

Cuando un artista que suelo producir escucha una buena canción en la radio, suele volverse hacia mi para decir: "¡Iba a escribir esta canción!" Después de leer este libro mi reacción fue: "¡Iba a escribir este libro!". Bueno, me alegro de que Bob me haya ganado, porque tengo la impresión de que ha hecho un trabajo mucho mejor del que yo hubiera podido realizar.

Lo que coloca a este libro por encima del resto es la atención dispensada a los detalles útiles. En vez de exageraciones, el lector puede realmente dar una buena utilización a los métodos explicados. Las descripciones sobre como llevar a cabo una tarea están ampliadas con la razón por la cual se debería realizar. No se habla simplemente de cómo funcionan los compresores descendentes, sino de cuando y para qué querrías utilizarlos. La ciencia no tiene sentido sin el arte.

¿Cómo saber si la señal digital es de 16 ó de 24 bits? ¿Qué es lo que ocurre al dar forma al ruido? ¿Debería mezclar a 96 kHz? ¿Cómo hacer que algo sea 3 dB más alto cuando ya está tocando los niveles más altos de los indicadores? ¿Debería mezclar en analógico o en digital? ¿Cómo monto los altavoces para las mezclas con sonido envolvente? ¿Qué pesa más, una libra de oro o una libra de plumas? Estas son algunas de las cuestiones que Bob responde en un estilo claro y conciso.

Bob entra en cada sesión de masterización con los ojos muy abiertos. Cada proyecto es único, y cada sesión de masterización exige un enfoque personalizado para la obtención de los mejores resultados. La formación musical de Bob le ayuda a seleccionar las herramientas adecuadas para el trabajo. Saber que una grabación de un cuarteto de cuerda no requiere del mismo tratamiento que un disco de los Back Street Boys es la mitad del camino.

Todos los días los clientes piden discos con un sonido más y más alto cuando llegan a una sesión de masterización. En estos tiempos, se hace muy difícil encontrar discos compactos de Alta Fidelidad. Ahora que puede hacer sus propias grabaciones con una terminal digital, comprar sus compresores multibanda y grabar sus propios *compact disks*, ¿quién necesita de la masterización? Mi respuesta es que si graba sus propios proyectos en casa, necesita de la

masterización mucho más que el productor que trabaja con los mejores ingenieros en los mejores estudios. La clave es la referencia externa. No, no quiero decir que su vecino tenga que aparecer y decir: "¡Oye, esto suena realmente bien!" Quiero decir la posibilidad de tomar referencias de otros proyectos, y de otros ingenieros que hayan trabajado en la realización de discos compactos de gran sonido.

Bob realiza un excelente trabajo disipando el mito de que cuanto más alto suene el CD, más alto sonara en la radio. Lea esa parte más de una vez. Una vez asumida la realidad, entonces quizás obtengamos candidatos más viables para un premio Grammy al CD *Mejor Producido*, en vez de tener que escoger un CD para el premio a la *Producción Menos Desagradable.*

El ingeniero de masterización profesional trabaja con material de todas las esquinas del negocio musical. Es la última parada antes de que el CD llegue a la radio y a las tiendas de música. Lo más inteligente que puede hacer cualquier ingeniero de mezclas, es dejar las herramientas finales de volumen al profesional del volumen.

Los limitadores y compresores deberían ser tratados exactamente como armas de fuego. Deberían existir guías para su uso correcto y se deberían dar clases antes de poder poseer uno. Esta clase se encuentra en este libro. Después de haber leído este "manual de las armas de fuego del audio" tendrá una mejor comprensión del proceso de masterización. Sabrá cuando y como utilizar usted mismo estas herramientas y cuando dejarlo al profesional. Trate cada limitador/compresor como un arma cargada, y no apunte a nadie a menos que tenga la intención de utilizarlo. ¡Es la **LEY**!

Me suele llegar bastante correo electrónico de artistas independientes que graban su música en casa y que quieren saber que equipo comprar para hacer las mezclas antes de enviármelo para su masterización. Yo les digo que la primera pieza del equipo que deberían comprar es el libro **Masterizando Audio, El Arte y la Ciencia** de Bob Katz.

Roger Nichols
Miami, Agosto de 2002

Introducción

¿Qué Es La Masterización?

La masterización es el último paso creativo en el proceso de producción del audio, el puente entre la mezcla y el proceso de replicado - la última oportunidad para realzar el sonido o arreglar un problema en una habitación acústicamente diseñada, un microscopio de audio-. Los ingenieros de masterización prestamos un oído objetivo y experimentado a su trabajo; estamos acostumbrados a lo que puede ir mal desde un punto de vista técnico y estético. En ocasiones todo lo que podemos hacer es ¡no hacer nada! El sencillo acto de dar el visto bueno significa que la mezcla se encuentra ya preparada para llevar a prensar. En otras ocasiones, podremos ayudarle a trabajar en esa canción problemática que no ha podido ser arreglada en las mezclas, o añadir el toque final que hace que un sonido esté acabado y sea reproducible en diferentes sistemas.

El Enfoque de este Libro

El estudio de masterización es el lugar donde la experiencia en el arte musical se combina con la ciencia del audio, pero la línea divisoria entre el arte y la ciencia es nebulosa, y en este sentido, mi libro trata de manera constante integrar arte y ciencia.

La tecnología cambia tan rápidamente en el mundo de hoy... por ejemplo, nadie pronosticó que una rápida expansión de las cámaras digitales amenazaría la una vez poderosa Corporación Polaroid. Cinco años después de la publicación de este libro, una tercera parte de su información técnica estará anticuada. Diez años después, una tercera parte o más de su información técnica ya estará obsoleta. Pero siempre se requerirá de la artesanía y atención al detalle de toda la vida. Yo espero que en 50 ó 100 años, los ingenieros de masterización sean considerados artesanos. Ojalá que la información artística y metodológica proporcionada aquí, sea siempre valiosa para los estudiantes del arte de la masterización del audio.

¡Atención Entusiastas de los Equipos¡

Este libro está diseñado para ayudarle a tomar decisiones informadas por su cuenta, para que pueda aprender como trabajan los equipos de audio, y que es lo que ocurre cuando mueve los mandos de los aparatos. Prácticamente todos los días recibo una carta como esta de ingenieros que me piden que apruebe o bendiga su lista de equipos particular:

> Querido Bob, Siempre realizo la masterización con un compresor y ecualizador marca ***Sis-boom-bah,*** después continuo con un toque del generador artificial de armónicos ***Franifras.*** En el siguiente paso utilizo la herramienta Caramba para maximizar el sonido y a continuación el tramado ***Whosizats*** antes de pasarlo a CD. Por favor, ¿podría decirme que piensa de mi selección?
>
> Sinceramente,
> un Entusiasta de los Equipos.

Sobre el Lenguaje

¡El sexo es bueno! ¡Y ser sexy puede ser divertido! Siento que el lenguaje puede ser sexy también, y ciertamente las mujeres en nuestra sociedad deben estar bastante cansadas de tantos siglos de viejo lenguaje machista. Es hora de devolver cierta vitalidad a nuestra sintaxis. Así, se encontrará que en un capítulo de este libro el Ingeniero de Masterización podría ser una mujer, y en otro, ¡un hombre! ***¡Vive la différence!***

Yo habitualmente respondo, educadamente;

> Querido Entusiasta de los Equipos, tu lista de equipos suena bastante amplia, pero mucho más importante es como los utilizas. Por ejemplo, parte del equipo que describes sería completamente inadecuado para algunos tipos de música...

Si hay un trozo esencial de información que usted puede obtener de este libro es este aforismo, escrito por el maestro de ingenieros Glenn Meadows.

> *"No existe la bala mágica de plata. No existe nada ni nadie mágico que sea "lo mejor" para todas las situaciones. La capacidad del operador de decidir lo que es necesario hacer y de escoger la mejor combinación de herramientas, es más importante que las herramientas utilizadas."*
>
> — Glenn Meadows

La declaración de Glenn se aplica también al valor o ajuste de cada mando o control de su equipo. No existe el umbral, ajuste de ecualización, tasa, o preajuste mágico que transforme un sonido corriente en magia. La magia del sonido se alcanza a través del duro trabajo realizado con las herramientas (la magia musical solo puede llegar de la propia música). Lo cierto es que en una sesión típica de masterización, cada aparato aporta únicamente una mejora incremental, y el resultado final se alcanza con la sinergia de todas las herramientas trabajando al unísono. En estos tiempos de marketing masivo y fabricantes competitivos, se da una gran importancia al lujo, moda y estilo de los equipos más que a la calidad del sonido y los principios de su manejo. Si bien este libro es definitivamente para entusiasta de los equipos (en el sentido de que tiene un montón de deslumbrantes fotografías y descripciones de los aparatos que producen un buen sonido), los ingenieros serios que deseen mejorar sus técnicas podrán también averiguar como funcionan sus dispositivos. Los principios básicos del audio nunca pasan de moda, pero los modelos de equipamiento suelen ir desapareciendo.

Los antecedentes y teorías y desarrollados aquí son, desde mi punto de vista, el mínimo necesario para convertirse en un ingeniero de audio competente en esta era digital. No incluyo en el texto principal ninguna formula matemática densa (encontrará explicaciones más profundas en los pies de página). Encontrará muchos fundamentos básicos para los principiantes, e incluso el más experimentado ingeniero de diseño digital encontrará muchos detalles útiles. Incluyo ejemplos prácticos en cada escalón, pero si alguna parte se le atraganta, simplemente pase a la siguiente sección. A medida que vaya adquiriendo más experiencia, al releer esas secciones que se ha saltado todo parecerá menos abstracto. He tratado de definir cualquier término especial la primera vez que aparece y puede también encontrar más términos en el glosario (Apéndice 15) y en el índice. Como si fuera un disco bien secuenciado, los capítulos de este libro están diseñados para ser leídos uno detrás de otro.

Una Muestra de Este Libro: Capítulo a Capítulo

La **Parte I** de este libro se denomina **La Preparación.** El ingeniero de masterización tiene un tremendo poder, y ese poder tiene asociado una gran responsabilidad. Aunque es posible transformar una mezcla corriente en una producción con un sonido magnifico, desgraciadamente, es asimismo posible arruinar un fragmento de música sutil si se aplica el enfoque equivocado.

Capítulo 1: Ningún Ingeniero de Producción es una Isla, resume los pasos empleados en la producción de un álbum, nuestra filosofía de la masterización, el flujo de trabajo y los procedimientos.

Capítulo 2: Conectar Todo, presenta el diagrama de bloques de un estudio de masterización y una descripción general de los equipos.

Capítulo 3: Una *Sesión de Oidorientación,* explica como desarrollamos las habilidades de escucha.

Capítulo 4: Longitud de palabras y Tramado, es una explicación simplificada de uno de los misterios técnicos del audio digital.

Capítulo 5: Decibelios para Torpes, describe el funcionamiento de los medidores de niveles, los *mitos de la normalización,* y como conjuntar efectivamente equipos analógicos y digitales.

Capítulo 6: La Monitorización, demuestra la necesidad de una precisa supervisión y una adecuada acústica ambiente.

La **Parte II** de este libro se denomina **Las Técnicas de Masterización,** las importantes técnicas y procesos que utilizamos en una sesión de masterización.

El **Capítulo 7** muestra que **Reunir el Álbum** es un arte y ciencia crítico.

Capítulo 8: La Ecualización, diferencia la practica del EQ para la masterización, de la utilizada en el seguimiento de pistas (*tracking*) o en la realización de las mezclas (*mixing*).

A continuación viene nuestra *trilogía de dinámicas:* **Cómo manipular el Rango Dinámico Para Nuestro Disfrute y Beneficio,** en tres partes, **Capítulos** del **9** al **11,** que abarca el procesamiento de las dinámicas, teoría y filosofía, de la A la Z.

Capítulo 12: La Reducción del ruido; incluye tanto las técnicas de reducción del ruido manuales como las automáticas.

Capítulo 13: Otros Procesamientos, incluye trucos del oficio como el procesamiento M/S, los procesadores analógicos y digitales especializados, clásicos y no tan clásicos.

La **Parte III: Teoría y Práctica Avanzada,** comienza con una serie dividida en dos: **Como Realizar Mejores Grabaciones en el Siglo XXI, Capítulos 14-15.**

Capítulo 14: La Calibración del Nivel del Monitor, muestra como poner en marcha y calibrar un sistema estéreo ó 5.1, y como utilizar la sencilla herramienta de *posición* del mando del monitor para ayudar a juzgar el volumen y calidad del programa.

MITO:
El Audio Digital requiere de una menor preparación técnica para su manejo que el analógico.

Capítulo 15: El Sistema-K (*K-System*), es mi propuesta para un enfoque del siglo 21 de la medición y el control, con el fin de ayudarnos a producir unas grabaciones más consistentes y con mejor sonido.

Capítulo 16: El Procesamiento de la Señal Analógica y Digital, describe algunas de las herramientas analíticas que utilizamos para estudiar el sonido e investiga la relación no lineal entre las mediciones del equipo y la percepción del auditorio.

Capítulo 17: Como Obtener Profundidad y Dimensión en la Grabación, Mezcla y Masterización, estudia las poderosas técnicas clásicas para la obtención de espacio y profundidad en el estéreo de dos canales, con el fin de orientarse de modo efectivo hacia el sonido envolvente (*surround*).

Capítulo 18: Las Tasas Altas de Muestreo, ¿Está Esto Donde Debe?, nos cuenta porque es todavía importante la utilización de un sistema con una alta amplitud de banda, aunque nuestros oídos solo lleguen a los 20 KHz (kilohercios) (¡y eso en un buen día!).

Capítulo 19: La Inestabilidad de Fase: Separando los Mitos De los Misterios, es una directa y definitiva explicación para profanos de este asunto.

Capítulo 20: Consejos y Trucos, profundiza en los aspectos prácticos para lograr que AES/EBU y S/PDIF trabajen para usted y proporciona otros trucos poco conocidos que le facilitarán su vida en el mundo del audio.

La **Parte IV: Fuera de la Jungla,** presenta algunas de mis conclusiones personales.

En el Capítulo 21: Educación, Educación, Educación, ¡tenemos que *predicar lo que practicamos*!

Capítulo 22: Por fin, es un poema contemplativo, mis esperanzas y sueños sobre nuestro futuro en la música y el mundo del audio.

Parte V: Apéndices contiene informaciones muy útiles, e incluye:

- **Como preparar** cintas y archivos para su masterización
- **La Verdad sobre la Preparación para Radio,** escrito extensamente por los autores invitados Robert Orban y Frank Foti, con contribuciones de Tardon Feathered, muestra como el procesamiento de radio afecta severamente a nuestras mezclas, y desacredita para siempre el mito de que los discos supercalientes suenan mejor por la radio
- **Siento La Necesidad De Velocidad,** una comparación de las velocidades de transmisión
- **Lecturas Recomendadas**
- **Glosario**
- **Formatos de Audio Digital**

Además, visite la página web de digido.com como complemento online de este libro:

- Una **Lista de Honor** de discos compactos de Pop de un gran sonido, recientemente recopilada para este libro
- **Direcciones web** de recursos para la masterización

Ahora que ha tenido una muestra, comencemos **La Masterización de Audio...**

PARTE I: LA PREPARACIÓN

"Prepararse es la mitad del trabajo."

—ANÓNIMO

Capítulo 1

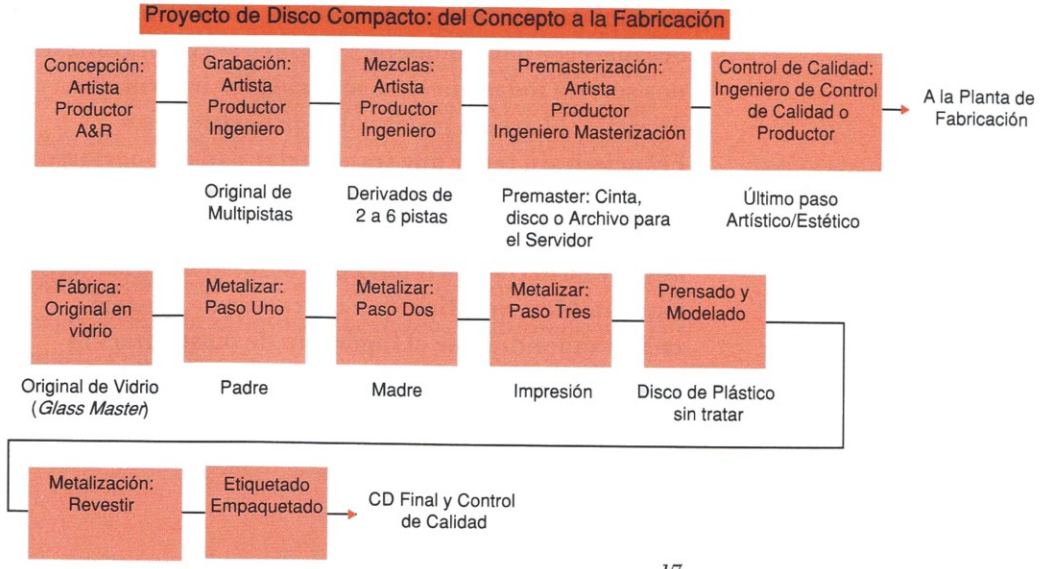
Ningún Ingeniero de Masterización es una isla

I. En El Principio

Este Capítulo trata de la filosofía de la masterización y el enfoque hacia el audio del ingeniero de masterización. Comenzamos por revisar el lugar de la masterización en el esquema global de la producción y fabricación de un disco.

El Álbum de Grabación: desde la Concepción al Producto Final

Al Comienzo fue la palabra (y la música). Y esto nunca cambiará. Pero los formatos de consumo si que cambian, y yo voy a perderme el Disco Compacto cuando se quede anticuado -es probablemente el primer y último medio de audio que puede ser creado, alimentado y masterizado por un único individuo. El CD es mucho más fácil de producir que el LP, porque la tecnología informática ha suprimido para siempre los términos rebobinar (*rewind*) y *cuchilla de afeitar* de nuestro vocabulario de trabajo. Pero ahora incluso el más sencillo DVD-A requiere de un esfuerzo de equipo, de especialistas de audio, video (menús y pantallas fijas), e interactividad. Y el control de calidad para multicanal requiere mucho tiempo y atención al detalle.



La figura precedente describe los principales pasos artísticos y técnicos en la producción de SACD (Súper Audio CD) o Discos Compactos, desde su comienzo conceptual hasta el producto finalizado.

La composición de las canciones y la concepción global del álbum toma forma en un período de gestación que puede durar años, con contribuciones del artista, el productor, el A&R* de la compañía discográfica o los tres juntos. Después se escriben los arreglos, se alquilan los músicos, y los artistas van al estudio de grabación o a exteriores para grabar en el multipistas. Esto puede parecer terriblemente anticuado a los que graban una "orquesta virtual" completa en su propio estudio, pero tengo la íntima esperanza de que el rico arte de la colaboración musical, con músicos de verdad tocando juntos "en directo", nunca desaparecerá.

El Seguimiento de Pistas (tracking)... en un futuro no tan lejano

El disco duro del ordenador se está convirtiendo rápidamente en el medio aceptado para la grabación multipistas, como sustituto de los formatos de cinta. En un futuro no tan lejano, el almacenamiento universal será tan enorme, y la comunicación en Internet tan veloz, que la necesidad de una "máquina" multipistas físicamente localizada, puede finalamente desaparecer por completo. Un único servidor central nos servirá todas nuestras necesidades informáticas y de audio. El artista podrá volar de Seattle a San Francisco sin tener que transportar nada, conectarse a Internet ¡y continuar grabando! Sin embargo, antes de que esto suceda, el ancho de banda de Internet en el hogar y en el trabajo tendrá que aumentar varias veces. Esto también significa, que el proceso de masterización supondrá que el ingeniero de masterización pueda acceder de manera sencilla a las pistas relevantes en el servidor central, en vez de que le lleguen las cintas por mensajero.

Las mezclas (mixing)

Después de haber completado el seguimiento de pistas, el productor, el artista y el ingeniero de mezclas realizan la mezcla de cada canción o sección del proyecto. Al mezclar para estéreo, se originan dos pistas, pero incluso éstas pueden ser divididas en pistas derivadas, de 2 pistas cada, para que el ingeniero de masterización pueda retocar ligeramente, si fuera necesario, la interrelación entre las cabeceras (*leads*) y el ritmo después del proceso de la masterización, o según se detecte en la supervisión de referencia del estudio. Al mezclar para sonido envolvente (*surround*), las mezclas pueden resultar en seis pistas o más, y si se dividen en pistas derivadas o *stems*. las pistas vocales, rítmicas y delanteras pueden llegar hasta las 18 subpistas.

La Edición y la Premasterización

El siguiente paso, la *edición*. puede llevarse a cabo tanto en el estudio de grabación como en la empresa de masterización. A continuación va la *premasterización*. que es el nombre oficial de nuestra profesión para distinguirla de la masterización técnica que tiene lugar en la planta de fabricación (aunque todo el mundo nos llama ingenieros de masterización para abreviar). La premasterización puede incluir las tareas artísticas y técnicas de **creación de la secuencia** (ordenar las canciones del álbum), **procesamiento de las dinámicas, ajuste de los niveles, ecualización, reducción del ruido,** incluso la realización de algunas mezclas, tareas todas éstas que se describen en detalle en capítulos posteriores. Como era de esperar, al medio de salida de la premasterización se le conoce oficialmente como el *premaster*. pero es denominado más habitualmente como el *master*.

En la Fábrica

En la planta de procesamiento, el *premaster* se utiliza para la creación del *glass master** — un producto efímero que de hecho ¡queda destruido durante el

* N. DEL T.: A&R (que corresponde a las siglas en inglés de *artists and repertory*, en castellano, artistas y repertorio). La persona del departamento de contratación de una compañía discográfica que ficha a los nuevos talentos musicales.

proceso de producción! En muchas empresas, el *master* de cristal es fabricado en una *sala blanca* clase 10 (equivalente a ISO clase 4) o superior, por ingenieros vestidos con trajes blancos de una pieza o *monos* "tipo astronauta". Una alternativa es que algunas empresas alberguen sus grabadoras de rayo láser o LBR (*laser beam recorders*) en una habitación blanca independiente, que pueda ser puesta en marcha por la mañana por una única persona protegida con mono, para poder dejar en funcionamiento y sin vigilancia durante todo el día, con la única supervisión de alguien observando a través de una ventana de plexiglás. La LBR es una máquina, de millones de dólares, que coge la información digital del *master*, la codifica* en el formato apropiado y lanza después un rayo láser con dicha codificación a una emulsión sensible a la luz que se ha aplicado a un disco de cristal de 9,5 pulgadas. El patrón pulsado-no pulsado del láser genera una serie de huecos intermitentes que aparecen al revelar la emulsión. Este disco de cristal revestido es llevado entonces a otra *sala blanca*, donde la emulsión es bombardeada con una fina aleación de níquel en un proceso denominado *metalización*. A continuación, la lámina de cristal se coloca en una cuba a la que se aplica una carga eléctrica, lo que hace que la superficie quede plateada, en un proceso llamado *electrolaqueado*. Después de ser plateada, la lámina de metal es despegada y la superficie de cristal puede así limpiarse para ser reutilizada en un nuevo *master*.

Esta primera plancha de metal se llama *padre* y es el inverso del CD final (los huecos serán los llanos y viceversa). El padre puede ser utilizado directamente como estampador para pequeñas tiradas. Pero para cantidades grandes, el padre es electrolaqueado para la obtención de una *madre* (que es el inverso del padre) de la que se crearán muchos estampadores. Cada estampador se coloca en una prensa, donde un disco limpio de policarbonato es colocado y moldeado. Después, el disco es metalizado con una capa reflectante de aluminio (se puede utilizar oro en prensados especiales) y se recubre con un lacado protector. Por último, se aplica una etiqueta serigrafiada o impresa a la parte superior del disco, que más tarde se introducirá y empaquetará de manera automática junto a los folletos, en el interior de las cajas de los CD. Cada elemento debe ser inspeccionado cuidadosamente en busca de defectos —los folletos deben estar adecuadamente recortados, los costados de los cartones no estar rotos, la superficie de los discos compactos sin manchas, el etiquetado limpio, y el propio CD debe cumplir las pruebas de profundidad y espaciado del surco (p. ej. los tests de distorsión y de salida de radiofrecuencias). Es un proceso exigente pero...

Los DVD son incluso más complejos

Aunque producir un DVD o un DVD-A es muy similar a producir un CD, requiere mucha mayor precisión. Esto se debe a que un DVD de una sola cara contiene 7 veces la densidad de información de un disco compacto, por lo que tiene un mayor coste en las etapas creativas, técnicas y de fabricación. El departamento creativo tiene que generar los gráficos, los menús y el esquema de interactividad mucho antes de la etapa de creación de la aplicación multimedia, más aún, todos estos elementos pueden estar en flujo constante hasta que la pista de audio de referencia haya sido editada y masterizada. Para finalizar, ya en la fábrica, los DVD deben cumplir unos estándares mucho más rigurosos que los CD, debido especialmente al delicado proceso de unión de un DVD multicapa.

* N. DEL T.: *Glass master* (original de cristal). Lámina de vidrio sobre la que se vuelca, mediante un rayo láser, la información del *premaster*. A esta hoja de vidrio se le coloca más tarde una delgada capa de níquel sobre su superficie, para la obtención de la matriz con la que se replicarán los Discos Compactos.

* La codificación incluye la modulación EFM y la información de corrección de errores. La naturaleza exacta de la codificación del Disco Compacto y el DVD están más allá del alcance de este libro. Puede encontrar más referencias en el Apéndice 10.

II. La Filosofía de la Masterización y los Procedimientos

Para todo buen ingeniero de masterización, la meticulosidad y atención al detalle es la norma, no la excepción. Siempre se ha acudido a nosotros para seguir cuidadosamente la pista de un proyecto, desde el momento en que nos llega, hasta que se convierte en el producto final. Días, semanas o quizás años más tarde, si se piden revisiones, el cliente tiene una posibilidad razonable de comprobar los métodos utilizados, consultando con el ingeniero de masterización. En la discográfica RCA, durante la década de los 80, las etiquetas de las cajas de cinta analógica incluían "*números con rayas*" (p.ej. -1, -2, -3) para cada copia generada y en una tarjeta de catalogo se registraba el estado de la cinta y cual era el *master* correcto para la duplicación del LP o el casete. Cuando los masters eran enviados para el montaje del disco, el ingeniero de montaje insertaba una anotación escrita indicando los ajustes del Pultec o del ecualizador, las ganancias de los canales derecho/izquierdo, etcétera.

Atención al detalle. El último 10% del trabajo lleva el 90% del tiempo.

Hoy, la situación es mucho más complicada que simplemente mirar en la caja de una cinta la información sobre el montaje y marcar esta caja con el número de la edición. Los proyectos solo para audio pueden llegar de múltiples formas: en DAT, en discos duros, CD ROM, hasta en cintas analógicas. Los proyectos pueden estar en dos canales o en sonido envolvente multicanal, pueden llegar completamente mezclados, de modo parcial (pistas derivadas) o en combinación. La definición de lo que es el *Master* se convierte en algo incluso más impreciso, ya que los proyectos multimedia pueden ser finalizados en el estudio de audio de masterización o la parte multimedia añadida en otro estudio distinto. La información Meta (Ver Capítulo 15) que incluye las marcas de agua puede ser incorporada durante una etapa posterior, complicando aun más la historia.

Pero una cosa no ha cambiado: es la responsabilidad del ingeniero de masterización asegurarse de que la calidad del audio que surge del estudio de masterización es la misma que se reproducirá finalmente. Tenemos que estar familiarizados con lo que le pueda suceder al proyecto cuando salga de nuestra oficina, y debemos familiarizar al productor con lo necesario para la preservación de la calidad del audio. Creo en la idea del Estudio de Masterización como la **Nave Nodriza,** el coordinador de la calidad del audio, y quizás más, si tenemos en cuanta las tareas de creación multimedia.[1] En estos tiempos de Multimedia, de DVD y SACD, es posible que el sonido que hayamos masterizado sea manipulado posteriormente por un ingeniero de vídeo, o por un individuo que no especializado en la producción de audio, lo que es sin duda contrario a la intuición.[2] Más razón aun para que el estudio de masterización cumpla el rol de **Nave nodriza.**

Ahora, examinemos los pasos, herramientas y procesos involucrados en la masterización de un proyecto.

Carga de Entrada (*load-in*)

Fecha: 07/09/2001

Entrada de 48k/24 bits de 7/8 pistas de una cinta ADAT de 48 kHz.

1/ Seguro que *Beats Me. Western Swing* fue cortado (en algún momento) a 16 bits. El violín principal es un poco demasiado alto comparado con el ritmo. Podría darle un poco más de movimiento. Añadir un poquito más de fondo.

2/ *Lucky Old Sun*. "Me he fijado que la parte vocal principal de la palabra "*old*" suena un poquito contenida. Intentamos compensar sus picos". BK: la parte vocal parece un poco desplazada hacia atrás. Tratar de darle un poco más de energía. "Ruido en la parte final". Hay allí todo el Bs excepto un cierto deslavado en algunas frecuencias. ¿El violín es un poco granulado? Intentar CS.

3/ *Hustle And Bustle*. Un *hoedown** instrumental. ¡Darle más energía y hacerlo más importante!

4/ *Don't It Just Make You Wonder*. Mezcla nº 1. Es un *country rock*. Un poco débil. Darle más espesor. (Si utilizamos esta mezcla). ¿Debería añadir cierta reverberación?

Carga de salida (*load-out*)

Mon = -7 dB Ref. RP 200

Comentarios de sonido:

Esta grabación es un ADAT granulado. Música divertida, buena imagen estéreo. En ocasiones demasiada reverberación. Necesita algo de grosor.

Para la captura 48/24, se utilizo capt w/CDR w sin filtros y sin sesión.

Sesión:

Conectados al *router*: Z Sys #9D, con K-Stereo, TC y Weiss.

Ruta:

.M3/M4 salida a

- K-Stereo, conmutadas las memorias en secuencia a
- TC, que hace la ecualización y a veces comp de nivel inferior. Hay un módulo de reverberación en la cadena pero no se utiliza (todo sin efectos).

Cranesong ajustado a la Cinta 5 se inserta a través de un enrutamiento automático en el TC

Al

- Weiss, variado con instantáneas (se evita el L2)

La secuencia de Studio Vision cambia los parámetros.

Correcciones

Rev. 2

Envío una versión sin efectos de *Margaret Waltz Tk. 5*. Añadí mi "mejor" verbo en la sesión, revisé los ajustes solo para el TC 6000, cree una nueva secuencia, y capturé solo la pista 5 en 48K. Después el SRC e insertarlo en la EDL 44,1K ver. 2. Después incrementé el espacio entre las canciones alrededor de ½ segundo y lo saque a un DDP con un tramado POW-R 3.

Este extracto de un Informe de Preparación contiene detalles de la carga de entrada (load-in), la de salida (load-out) y de cualquier corrección realizada posteriormente.

III. Informes

Informe de Preparación

Como hemos visto, un proyecto multimedia puede tener elementos de video, gráficos, menús, etc. Los proyectos de CD de Audio son normalmente mucho más sencillos. Aquí hay una muestra de un informe de preparación de un proyecto de CD, que contiene información sobre la carga de entrada (load-in), la de salida (load-out) y cualquier corrección realizada.

Cada ingeniero de masterización tiene un enfoque diferente, pero el objeto de todo el informe es poder reconstruir lo realizado durante la sesión de masterización para hacer más fáciles las correcciones o cambios. En la columna 1 escribo mis anotaciones sobre la fuente original (con los comentarios del cliente en comillas para distinguirlos de los míos), la columna 2 se utiliza para las notas sobre la carga de salida (*load-out*) y la columna 3 para las notas de las revisiones. Tiene un interés especial la ganancia registrada del monitor y los ajustes de los procesadores. Tenga en cuenta que la mayoría de los ajustes del procesador digital se almacenan digitalmente en la memoria del procesador y son después guardados en un disco flexible o un *dump Sysex* u otro medio. Si se utilizan procesadores analógicos, entonces realizamos descripciones verbales o tomamos fotos de las posiciones de los controles (p.ej. "la banda cuatro elevada dos clic a 4,7 kHz, Q=0,7"). En esta revisión, como los ajustes para el TC 6000 fueron cambiados para una afinación 5 (*tune*#5), el disquete para el TC contiene dos archivos, uno de ellos etiquetado como revisión 2, para una grabación histórica completa. Durante el proceso de salida (*load-out*), yo utilizo una técnica controlada de modo automático por un secuenciador MIDI, mientras el único procesador con un ajuste manual para el master sería el Cranesong HEDD, cuyo control de "cinta" ha sido fijado en la posición #5.

En nuestro estudio, una cinta de red para ordenadores hace, de modo automático, una copia de seguridad de los informes de audio y las secuencias, además de todas las cosas más mundanas como los textos procesados y la contabilidad. Desde que los sistemas de los ordenadores y los procesadores están evolucionando a un ritmo de correcaminos, guardamos también una captura en alta resolución del *master*, por si acaso los procesadores, las aplicaciones o los sistemas operativos no son capaces de recuperar los antiguos ajustes. Algunos clientes insisten en hacer

* N. del T.: Danza folklórica de cuadrilla.

ETIQUETA:Boa Music
TÍTULO: Alma De Buxo
ARTISTA: Susana Seivane
CD Nº 10002028
Nº DE ENFÁSIS: X ENFÁSIS
TECHO DINÁMICO DIGITAL: 0/0 dB
FECHA: 24 de noviembre de 2001
FUENTE DIG ANALOG X
FORMATO DDP, V. 1.0, PQ @ Comienzo
MASTER X SEGURIDAD
FRECUENCIA DE MUESTREO 44,1 kHz
INGENIERO DE MASTERIZACIÓN: BK

Este *master* se creó sobre Sonic Solutions V5. Todos los niveles, fundidos y tiempos PQ han sido aprobados por el cliente. Por favor,no modificarlos de ningún modo. Por favor, para todas las cuestiones técnicas consulten a Digital Domain en el (407) 831-0233.

CÓDIGO UPC/EAN : 0804071020727

T-X	TÍTULO/ISRC	COPIA	EMPH	SIN DESPLAZAMIENTO hh:mm:ss:ff	TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO hh:mm:ss:ff	DURACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO hh:mm:ss:ff	TIEMPO DEL CD mm:ss:ff
1	ES6080132801	OFF	OFF A				
0	Pause			-00:00:00:19	-00:00:00:29	00:00:02:00	00:00:00
1	1/Vai De Polcas			00:00:01:11	00:00:01:01	00:03:48:04	00:02:00
					TOTAL:	00:03:50:04	
2	ES6080132802	OFF	OFF A				
1	2/A Farándula			00:03:49:10	00:03:49:05	00:02:53:16	03:50:10
					TOTAL:	00:02:53:16	
3	ES6080132803	OFF	OFF A				
1	3/Sainza-Riofrio			00:06:42:26	00:06:42:21	00:04:04:02	06:43:50
					TOTAL:	00:04:04:02	
4	ES6080132804	OFF	OFF A				
0	Pause			00:10:46:21	00:10:46:23	00:00:03:14	10:47:55
1	4/Roseiras De Abril			00:10:50:12	00:10:50:07	00:03:59:23	10:51:15
					TOTAL:	00:04:03:07	
5	ES6080132805	OFF	OFF A				
0	Pause			00:14:49:28	00:14:50:00	00:00:02:02	14:50:72
1	5/Xoaniña			00:14:52:07	00:14:52:02	00:02:58:00	14:53:02
					TOTAL:	00:03:00:02	
6	ES6080132806	OFF	OFF A				
0	Pause			00:17:50:00	00:17:50:02	00:00:02:21	17:51:02
1	6/Rumba Para Susi			00:17:52:28	00:17:52:23	00:04:28:08	17:53:55
					TOTAL:	00:04:30:29	
7	ES6080132807	OFF	OFF A				
1	7/Vals Bretón-Muiñeira Pica			00:22:21:06	00:22:21:01	00:04:51:06	22:22:00
					TOTAL:	00:04:51:06	
8	ES6080132808	OFF	OFF A				
0	Pause			00:27:12:05	00:27:12:07	00:00:02:10	27:13:15
1	8/Na Terra De Trasancos			00:27:14:22	00:27:14:17	00:03:22:13	27:15:40
					TOTAL:	00:03:24:23	
9	ES6080132809	OFF	OFF A				
1	9/Muiñera De Alén			00:30:37:05	00:30:37:00	00:02:28:23	30:37:72
					TOTAL:	00:02:28:23	
10	ES6080132810	OFF	OFF A				
0	Pause			00:33:05:21	00:33:05:23	00:00:02:03	33:06:55
1	10/Ti E Máis Eu			00:33:08:01	00:33:07:26	00:03:11:20	33:08:62
					TOTAL:	00:03:13:23	
11	ES6080132811	OFF	OFF A				
0	Pause			00:36:19:14	00:36:19:16	00:00:02:00	36:20:37
1	11/Chao/Xose Seivane			00:36:21:21	00:36:21:16	00:03:00:28	36:22:37
					TOTAL:	00:03:02:28	
12	ES6080132812	OFF	OFF A				
1	12/Chao-Curuxeiras			00:39:22:17	00:39:22:14	00:03:25:21	39:23:32
					TOTAL:	00:03:25:21	
13	ES6080132813	OFF	OFF A				
0	Pause			00:42:48:03	00:42:48:05	00:00:01:26	42:49:10
1	13/Marcha Procesional Dos C			00:42:50:06	00:42:50:01	00:04:35:16	42:51:00
					TOTAL:	00:04:37:12	
	LeadOut			00:47:25:15	00:47:25:17		47:26:40
Total						00:47:26:16	

Lista de PQ que muestra los comentarios del ingeniero, los tiempos de pista, los códigos ISRC y otra información.

copia de seguridad en cintas analógicas, ya que este parece ser el único medio que no se ve afectado por la obsolescencia tecnológica conocida irónicamente como progreso.

Las Listas PQ

El nombre de **PQ** viene de las abreviaturas de código de letras para la información contenida en el subcódigo del Compact Disk. La marca **P** es la más primitiva, cambia de estado para indicar el comienzo de una nueva pista. El subcódigo de Q contiene información sobre la sincronización y la longitud del programa, la prohibición o permiso para hacer copias, los énfasis y los códigos ISRC (ver Capítulo 20), y la mayor parte de esto se almacenará en la tabla de contenidos (o TOC de *table of contents*) del disco final. El informe de PQ es en realidad un informe redundante, ya que hoy en día el soporte del *master* contiene todas las pistas y una versión electrónica de los códigos PQ. En los viejos tiempos,* la planta de replicación tomaba la información escrita del informe de PQ y lo introducía electrónicamente en un editor de PQ, puesto que la mayoría de las casas de masterización no contaban con un editor de PQ. Hoy, aunque la mayoría de los estudios de masterización generan sus propios códigos PQ, todas las plantas de replicación responsables exigen todavía una lista PQ escrita. Este es el único sitio en el que pueden ver el nombre de los títulos, y los comentarios del ingeniero. Los ingenieros de masterización aprecian los buenos procedimientos de control de calidad después de que el *master* ya no se encuentra en su poder. Una empresa fiable verificará toda la información del informe PQ escrito con la versión electrónica que se encuentra en el *master*, y avisara al ingeniero si existe alguna discrepancia. Una fábrica extraordinaria tomará incluso nota de los

* No ha sido hace tanto, pero los años en el mundo de la informática son como los del perro, y en este mundo que va a un ritmo tan rápido, ¡diez años parecen setenta!

ruidos que escuchen u otros indicadores, y pedirá la aprobación del ingeniero antes de pasarlo a prensa. Desgraciadamente, esto se ha convertido en algo bastante raro, así que el peso del control de calidad ha recaído en gran medida sobre la casa de masterización.

IV. Los Formatos de salida de la masterización

Aunque pueden admitirnos grabaciones en casi cualquier formato, solo cuatro medios son adecuados para ser utilizados en la planta de replicación de Audio CD (CD-A): DDP (*Disc Description Protocol*. una cinta de 8 mm en Exabyte), PCM-1630 (en un video casete de ¾ pulgada), CDR (Libro Naranja, formato para escribir solo una vez), o el disco óptico PCM -9000 de Sony. En el momento de publicar esto, el formato PCM-1630 se está quedando rápidamente obsoleto, y el PCM-9000 nunca ha llegado a despegar y también es considerado anticuado. De todos los formatos mencionados más arriba, el PCM-9000 era probablemente el más fiable. Casi tan fiable y más popular es el DDP, que puede ser duplicado a una velocidad de 4x o más (sin producir necesariamente una mejor calidad de sonido, ver Capítulo 19). El audio CDR es el menos fiable, primero porque su tasa de errores no es tan buena como la del DDP, y también porque es fácilmente susceptible de recoger huellas de dedos y de ser mal utilizado. Por lo general no se considera al DAT como un formato adecuado para la creación del *master* de cristal o *glass master*. aunque una o dos fábricas han adaptado sus sistemas para trabajar con su código de tiempo. El *master* debe ser grabado en un paso continuo, sin interrupción, bajo el control de un ordenador. Algunos ingenieros de grabación tratan de entregar "*masters*" en CDR, grabados en un grabador de discos compactos independiente, pero esto no suele ser satisfactorio debido a la inexactitud en la puntuación de las pistas, la imposibilidad de colocar marcas de final de pista separadas (lo que crea unos tiempos extra largos de pista), y los errores E32 que se introducen cada vez que el grabador detiene el láser (lo que rompe la regla de "en un paso continuo"). Los CDR son fuentes adecuadas para la premasterización (me gustan más que los DAT) pero no resultan buenos *master* para la creación del *glass master*. El formato para *master* que puede tomar el poder es el DLT (*Digital Linear Tape*). Tiene mucha mayor capacidad, normalmente de 40 a 80 gigabytes. En teoría, el DLT puede soportar el protocolo DDP, y puede reemplazar a Exabyte, pero nadie lo ha implementado.*

> *"Los CDR son un buen formato de origen para la masterización, pero no son buenos como masters de salidas."*

El DLT es el medio específico para los *masters* de DVD y DVD-A. Otro medio con futuro es el CD-ROM o DVD-ROM con imágenes de archivos DDP, ya que el CD-ROM cuenta con una excelente corrección de errores. Hoy, muchos *masters* son enviados a la planta de procesamiento a través de líneas de Internet de gran velocidad, lo que saca a relucir cuestiones legales sobre cual es el medio físico del *master*.

V. La selección del Correcto DAW*

Hacia la mitad de los 80 las estaciones de trabajo de audio digital de Sonic Solutions ya se habían hecho con el poder en el campo de la masterización. En cuanto los ingenieros descubrieron las virtudes de la edición no lineal y una estación de trabajo que podía integrar la codificación PQ con el audio, abandonaron rápidamente sus lentos editores Sony DAE-3000. Las

* Existen en realidad dos versiones del protocolo DDP, la versión 1.0 y las 2.0. Además, el código PQ puede ser colocado en el comienzo o al final de la cinta. Si se coloca al final, los códigos PQ e ISRC pueden ser cambiados sin tener que reescribir el master. Sin embargo, algunas empresas no aceptan códigos PQ al final de la cinta. Si va trabajar con una versión diferente a la 1.0 (con el PQ al comienzo) compruebe esto previamente con la fábrica.

* N. del T.: *DAW*, que corresponde a las siglas en inglés de *Digital Audio Workstation*, es el ordenador o estación de trabajo dedicado exclusivamente a la edición de audio y video digital.

estaciones de trabajo de Sonic utilizan un poderoso modelo de edición de Fuente-a-Destino, preferido por muchos editores, y poseen una integridad de datos extremadamente alta (producen duplicados perfectos del origen cuando no se procesa) y puede llevar a cabo esas "imposibles" ediciones de audio, a través de la utilización de un editor muy flexible de fundidos. Este editor es la razón principal por la que Sonic y sus hermanos son unos editores tan populares en el campo de la música clásica. Veremos el editor en acción en otros capítulos. Hasta hoy, solo unas cuantas estaciones de trabajo o programas de software han sido cualificados o creados exclusivamente para la masterización: Audiocube, Pyramix (Merging Tecnologies), SADiE, Sequoia y Wavelan. SADiE ha alcanzado recientemente a Sonic con nuevos conversos, y Sequoia ha cosechado un buen número de usuarios fieles. SADiE es en estos momentos la única estación de trabajo que incorpora un bus SCSI (disco duro) independiente, lo que le dota de una gran estabilidad e independencia de interferencias del sistema operativo, puede bloquear Windows a propósito y SADiE seguirá con la grabación de un CDR. La competición no tiene todavía ganador, ya que ninguna estación de trabajo tiene la capacidad de trabajar en multicanal y con altas tasas de muestreo con la misma facilidad, y no todos los fabricantes ofrecen una actualización para la creación multimedia de DVD-A y SACD.

Otro criterio adecuado a la hora de escoger un DAW es la fiabilidad del *software* y del hardware y la estabilidad económica de la compañía. Considere el número de años-humanos empleados en el desarrollo del *software* y el DSP y asegúrese de que se continúa con el desarrollo del producto. Considero que cinco años-humanos es el tiempo mínimo requerido para realizar un potente y fiable programa de masterización. Desconfíe de las promesas del marketing: *si el producto no reúne hoy las características que desea, no lo compre basándose en que las tendrá "en muy poco tiempo."* Averigüe si la compañía cuenta con un soporte técnico rápido y eficiente. Pregunte si existe una política de actualizaciones. Otra perspectiva valiosa antes de comprar es obtener información de los usuarios, especialmente de aquellos que realizan un trabajo similar. ¿Existe una plataforma de usuarios y un grupo de soporte?

> *"El Cliente siempre tiene la razón."*
> — Dale Carnegie

Todos estos criterios aumentan a corto plazo el precio de compra de una buena estación de trabajo, pero disminuyen enormemente el coste a largo plazo del producto.

No Sea un Completo Bitobstinado*

Menos éxito tienen los ingenieros que tratan de llevar a cabo la masterización en plataformas de *software* no dedicadas de modo exclusivo a la masterización (en gran medida debido a la carencia de edición PQ integrada, poca integridad de datos, baja calidad de sonido, etc.). Si se va a dedicar a la masterización, debería conseguir una estación de trabajo especializada. Estas estaciones de trabajo tienen otras características además de la integridad de datos: exactitud en cálculos elevados, que se traduce en una baja distorsión. Todos ellos implementan una apropiada oscilación (ver Capítulo 4) y una alta precisión, y el que se lleva el premio a la mas alta precisión es Audiocube (64 bits de coma flotante) o Sonic Solutions HD (48 bits de punto fijo) que proporciona una ecualización de excelente sonido y algoritmos de reducción de ruido. Pero no se obsesione con los bits, porque las cosas no son nunca equivalentes, la pericia del programador puede dar la vuelta a todo, los 32 bits en flotante de un programador pueden sonar mejor que los 64 bits de otro (ver Capítulo 16).

* N. Del T.: *bithead*, en el original. Juego de palabras entre *big head* (cabezota y bit.

VI. Los Procedimientos de Masterización

¿Realizar la masterización con o sin un productor presente?

Los ingenieros de masterización son bichos independientes y pueden realizar la masterización muy a gusto sin la presencia de un productor o artista. Había una vez un cierto tipo de ingeniero de masterización que poseía un sonido especifico, si usted acudía a ese ingeniero y le enviaba su cinta, obtenía de vuelta su sonido. Pero existen muy pocos (si es que hay alguno) ingenieros de masterización de este tipo, y la razón es bastante simple: cada fragmento musical es único, y requiere de un enfoque especial que sea solidario con las necesidades de esa música y las del productor y el artista.

Una buena ingeniero de masterización está familiarizada y se encuentra cómoda con muchos estilos musicales. Sabe como suena la voz y los instrumentos acústicos y eléctricos, y está además familiarizada con los diferentes estilos de grabación y mezclas de música que se han ido desarrollando. Al mismo tiempo, una buena ingeniero de masterización sabe como hacer que una cinta sin tratar, destinada a ser duplicada, suene como una pulida grabación. Al escuchar una cinta, una buena ingeniero de masterización debería ser capaz de decir lo que le gusta y lo que no de una grabación, y lo que podría hacer para que la grabación sonara mejor. Entonces, escuchando con comprensión al productor y trabajando con él, la ingeniero puede proporcionar un producto que sea una buena combinación de sus ideas y de las intenciones del productor, un producto con mejor sonido que el obtenido si hubiera masterizado sola.

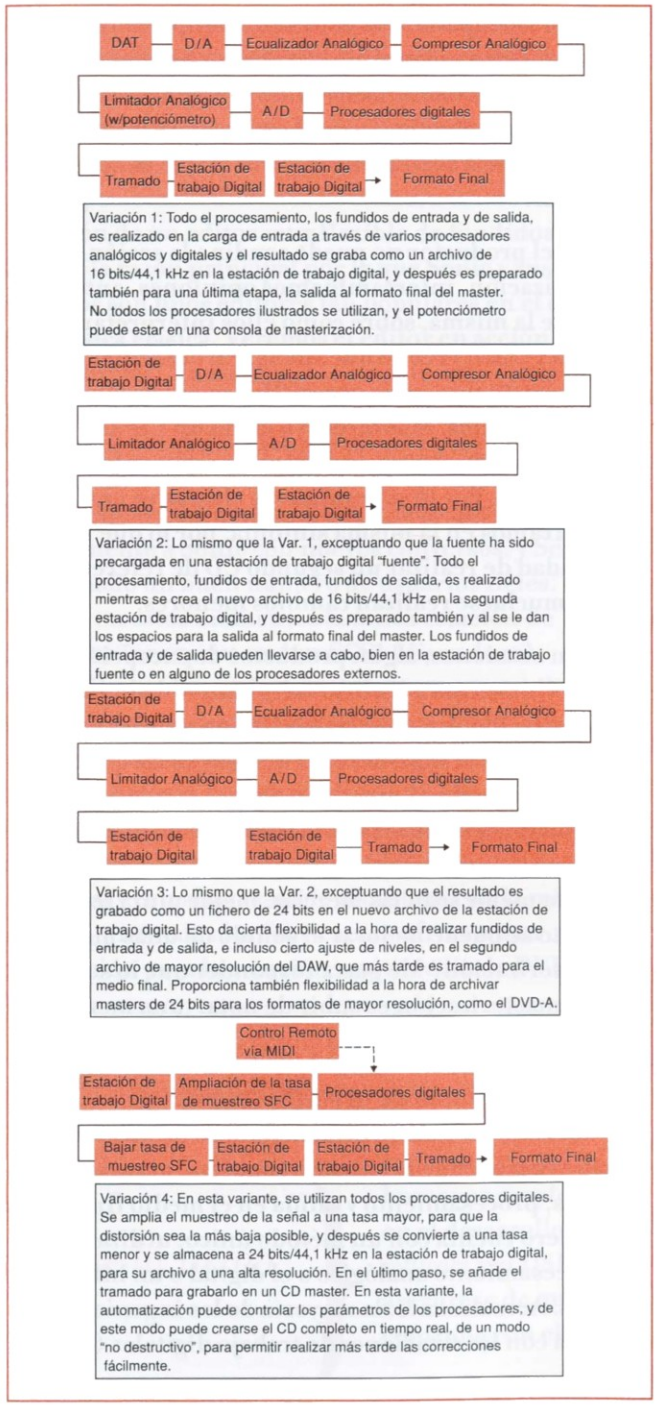
Los mejores *masters* surgen cuando tanto el productor como la ingeniero piden retroalimentación, utilizan la empatía, son corteses y comprensivos, y están abiertos a experimentar y escuchar nuevas ideas. Mi enfoque es dar la bienvenida y fomentar las aportaciones del productor, ya que son los que están más familiarizados con la música y con lo que se quiere expresar.

Si el productor no puede acudir a la sesión de masterización, intercambiamos opiniones, antes y durante la misma, sobre como ellos interpretan su música y como creo yo que suena. En ocasiones ayuda que el productor envíe otros CD, a modo de ejemplo sobre sus gustos. Más tarde, yo envío un CD de referencia o de evaluación antes de realizar la masterización final. Por lo general a esas alturas ya nos encontramos en la misma sintonía, por lo que no hay necesidad de realizar un segundo CD de referencia, o como mucho se realizan cambios menores.

En ocasiones, algún productor de excepción enviará, semanas o incluso meses antes de la sesión de masterización, las mezclas preliminares para solicitar la opinión de la ingeniero, ya que hay cosas que se establecen mejor al mezclar o que no se pueden arreglar en la masterización. Nosotros no dudamos en sugerir una remezcla si detectamos un problema grave. ¡Cuanto mejor sean las mezclas, mejor pinta tendrá! ¿Cuanto se puede mejorar el sonido de unas mezclas en la masterización? Me gusta responder que lo se logra con la masterización es subir de nota: ¡una mezcla de Notable se convierte en un *master* de Sobresaliente!

El Flujo de Trabajo de la Masterización

El flujo de trabajo de la ingeniero de masterización comprende la edición, limpieza, arreglo de los niveles, procesamiento y salida en el medio final. Cada ingeniero cuenta con un método único, utilizando bien el procesamiento analógico o el digital o un híbrido de ambos. Actualmente, la mayoría de los ingenieros trabaja con las estaciones de trabajo digitales (DAW)



A la izquierda, Variaciones Infinitas de un Tema de Masterización. Cuatro ejemplos de aproximaciones a la masterización de audio.

prácticamente del mismo modo en que trabajábamos antes de que aparecieran[3]: Primeramente, tomamos el formato origen de cada canción (p.ej. un DAT, CDR, Masterlink, AIFF o un archivo AIFF o WAV) y procesamos una a una todas las canciones. Si el origen es digital y se va a utilizar el procesamiento analógico, lo enviamos a un conversor D/A (de digital a analógico) de alta calidad, lo pasamos a través de uno o más procesadores de audio analógico y controlamos los niveles, las ecualización (EQ) o los fundidos, a través de una consola analógica de masterización personalizada. La señal es enviada entonces a un conversor A/D (de analógico a digital), y opcionalmente a varios procesadores digitales, y es tramada a 16 bits para ser grabada posteriormente en el DAW. Seguimos a continuación con la siguiente canción, reestableciendo los procesadores hasta obtener el mejor sonido para esa canción. Y así sucesivamente tal y como se ilustra en **Variante 1 de la figura de la izquierda.**

En esta variante, ya se ha realizado todo el arreglo de los niveles, fundidos, procesamiento y ecualización, y la estación de trabajo digital es utilizada únicamente para reunir y dar el espaciado, lo que resulta un enfoque muy eficiente. Cuando llegamos al final de la canción, si es necesario un fundido de salida y se nos ha olvidado hacerlo, en vez de recargar la canción completa podemos hacer una copia de seguridad hasta el fundido, dar a una simple tecla del ordenador, realizar el fundido de salida, y después hacer una edición que encaje con el resto. El Capítulo 4 nos cuenta porque este archivo de 16 bits no debe ser posteriormente procesado. Esto significa que, en la Variante 1, si el cliente pide cualquier corrección, la ingeniero debe volver a ajustar toda la cadena, reestablecer los procesadores, hacer los cambios en el procesamiento y volver a grabar/reemplazar el antiguo archivo de destino por uno nuevo.

A menudo no existe un tiempo de carga (*load-in*) del origen del sonido, ya que los archivos pueden llegar como archivos de ordenador de alta resolución o en CD ROM o en otros soportes, y pueden ser introducidos directamente en la estación de trabajo digital a gran velocidad (**Var. 2**). La ingeniero de masterización entonces tiene que escuchar cada canción para familiarizarse con la atmósfera del disco completo y comprobar cualquier ruido u otros problemas que necesiten de un ajuste. Puede comenzar por ordenar el material, limpiar los comienzos y los finales, llevar a cabo los fundidos y dar los espacios, y proceder después como en la Var. 1, exceptuando que utiliza la estación de trabajo como el nuevo "origen" además del destino. En la **Variación 3**, el ingeniero de masterización espera a tener el archivo de salida final para realizar el tramado, lo que da algo más de flexibilidad a la hora de realizar fundidos de entrada y encadenados en el archivo final y hasta quizás algún ajuste de niveles. (Aunque la mayor parte del ajuste de niveles debe haber sido realizado de antemano, para evitar una perdida acumulativa de resolución). Después de haber sido limitados digitalmente, los niveles no pueden ser aumentados, solo reducidos, y no debería realizarse la ecualización en una señal previamente limitada, ya que esto desharía la protección de picos. Cualquier tipo de filtrado digital podría causar sobrecargas en una señal limitada de manera digital, porque crea picos de mayor nivel entre muestras. Así que es mejor volver al archivo origen para su reprocesamiento y la modificación de los niveles entre canciones.

Con el número creciente de proyectos de alta tasa de muestreo, otra variante es la utilización de dos estaciones digitales de trabajo, una para reproducir el material de alta tasa de muestreo y la otra para grabar una salida convertida y tramada para CD. Aunque otra variante es utilizar una tasa de muestreo ampliada (*upsampling*) seguida de una reducción (*downsampling*) (**Var.4**). Incluso si el material origen se encuentra preparado para CD con una tasa de 44,1 kHz, se sabe que el procesamiento de audio digital y su conversión posterior suena mejor si se realiza una frecuencia más alta de muestreo (ver Capítulos 16 y 18). La ingeniero puede reproducir el material origen a una tasa menor, introducir un **convertidor de frecuencia de muestreo** para ampliar la tasa de muestreo (*sample rate converter*, abreviado SFC, SRC), quizás después hacer una conversión D/A, utilizando una alta tasa de resolución o de muestreo para el procesamiento analógico, grabar luego el material en un conversor A/D de alta tasa de muestreo para un opcional procesamiento digital posterior de la señal, después finalmente bajar la resolución y tramar la señal (si es que el resultado debe estar en 16 bits). Si el material origen se encuentra a 44,1 kHz, puede grabarse un CD en tiempo real con este proceso. Pero pueden necesitarse dos pasos (y dos DAW) si el material origen no está grabado en la tasa necesaria, ya que la mayoría de las estaciones de trabajo solo puede trabajar en una única tasa. Primeramente, el material se almacena a 24 bits/44,1 kHz como un archivo del nuevo DAW, y es tramado entonces en el último paso para originar el formato en 16 bits del *master*.*

El material que llega con múltiples tasas de muestreo (canciones diferentes con tasas también diferentes) es particularmente problemático, y a menudo necesita ser convertido a una tasa común antes de comenzar con la masterización.

Canción a Canción o Completamente-Automático

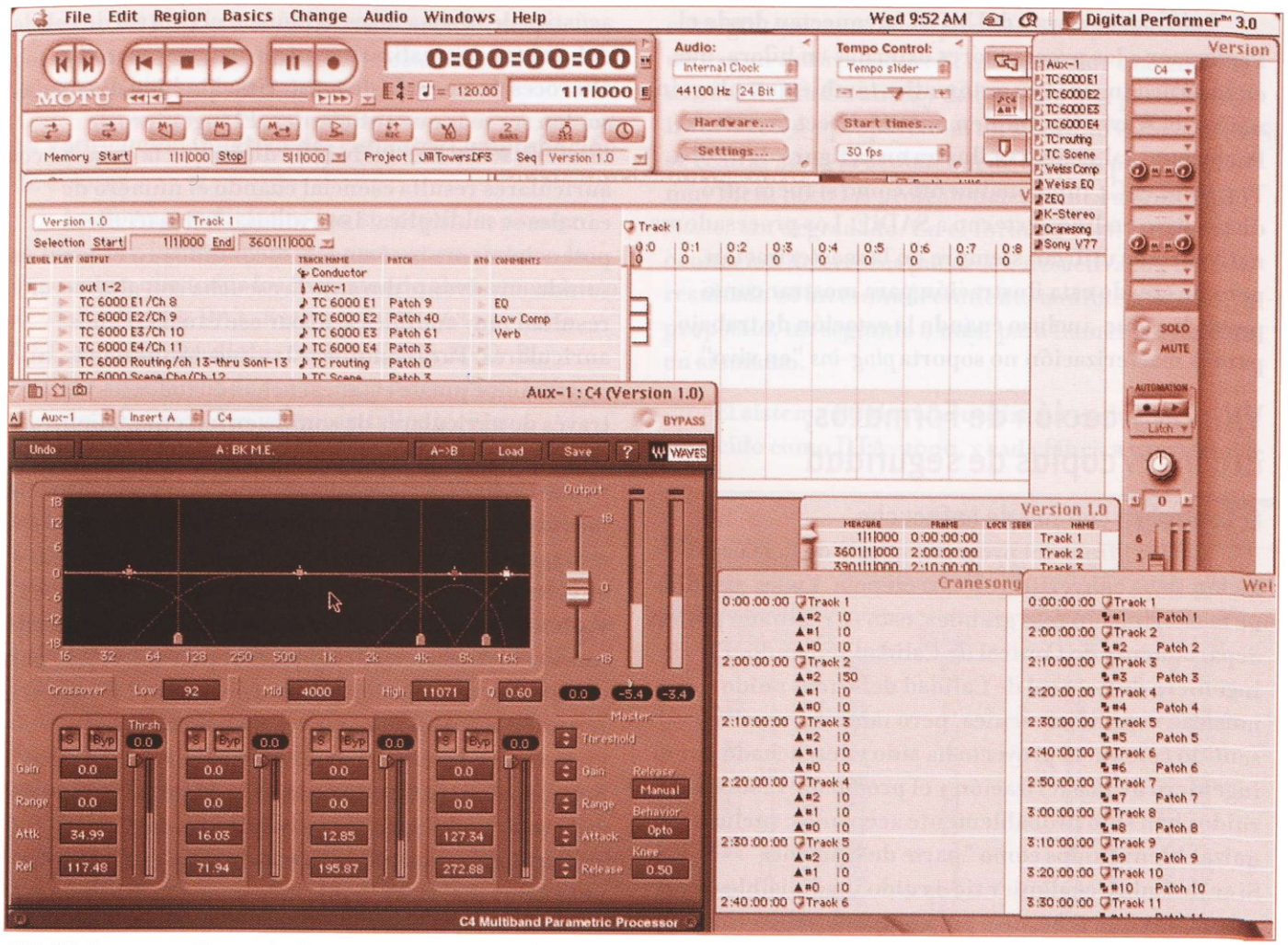
Todas las descripciones mencionadas más arriba tienen una cosa en común: siguen un método de masterización de una canción por una, esto es, se

* Sólo una estación de trabajo (Sequoia) permite trabajar con dos frecuencias simultáneamente, así que ¡solo se necesitaría un único ordenador!

masteriza una canción, reestablecemos los procesadores y continuamos entonces con la siguiente. Aunque los ingenieros durante años han creado álbumes excelentes con este método, hay un creciente número de procesadores de audio digital controlados de modo remoto a través de MIDI (Var.4), lo que permite su automatización e integración en el flujo de trabajo. La mayoría de los ingenieros utiliza ya algún tipo de automatización en su trabajo, desde que las estaciones de trabajo avanzadas proporcionan ecualización automática, ajustes de niveles, de fundidos, de dinámicas e incluso automatización de *plug-ins*. Si se pide una corrección, el ingeniero de masterización puede cargar la lista previa de decisiones de edición (*edit decisions list*, EDL) y llevar a cabo de manera instantánea cambios en la cantidad o sincronización de la ecualización interna de la estación de trabajo. **La técnica del MIDI extiende sus recursos hasta el equipo periférico.** Para mi es una revolución, por fin puedo trabajar con el álbum de un modo cómodo, fluido y no lineal. Trabajo con una canción hasta que está cocinada, guardo los parámetros en la memoria de los procesadores y después continúo con la siguiente canción sin tener que capturarla en un archivo del DAW. Guardo esos parámetros en otra memoria de procesador, vuelvo entonces casi al final de la canción anterior y reproduzco las dos con la automatización del MIDI en marcha al mismo tiempo, de manera no destructiva. Esto hace que resulte fácil la integración de dos canciones distintas, p. ej. una que termina fuerte y otra que comienza suave y lenta (más detalles de esta técnica en los Capítulos 7 y 10). Es además no lineal, al tener el contexto del álbum en desarrollo hace que sea posible volver a visitar y a reprocesar cualquier porción del álbum. Por ejemplo, podríamos hacer un gran clímax, volver después a comprobar la primera canción en el contexto y reprocesar si es necesario, sin tener que recargar o volver a hacer una captura. La completa automatización permite hacer también efectos especiales, por ejemplo, a medida que nos aproximamos al apogeo en una canción, hacia la entrada de un gran coro vocal, creo con el MIDI cambios automatizados en el Procesador K-Stereo para aumentar poco a poco la espaciosidad y profundidad, generando un sonido gigantesco en los acordes finales. Cuando estamos satisfechos con el buen sonido del álbum, volvemos al comienzo y grabamos un CDR de referencia en tiempo real, de manera completamente automatizada.

La mayor ventaja de una automatización completa es la facilidad para realizar ajustes, sobre todo si se tiene una clientela apremiante. El procesamiento siempre se aplica de un modo no destructivo, no acumulativo, y se puede deshacer cualquier cosa sin tener que volver a hacer otra copia o forzar una recarga. Otra ventaja de este método es que los originales en bruto, sin tratar, pueden ser comparados de modo inmediato con el *master* para hacer una demostración al cliente. Trataremos de asegurarnos de que el *master* es mejor que el original en todos los aspectos, es realmente un momento aleccionador descubrir que el sonido original es *mejor* que el *master* procesado, en ese caso, ¡hay que volver a la mesa de dibujo!

Una ventaja sonora de este método es que se puede utilizar el procesador de mayor resolución para cambiar la ganancia. De este modo, es la automatización del MIDI la que realiza, canción a canción, el cambio en los niveles. Yo utilizo a menudo la ganancia de salida del compresor de masterización, ya que los 40 bits de Weiss flotante tienen un cambio de ganancia que suena más transparente que el DAW o cualquier otro dispositivo de la cadena y esto evita también un procesamiento digital extra de la señal (*digital signal processing*, DSP). La mayor desventaja de este método es la gran cantidad de conocimientos técnicos y de concentración que se requieren para la utilización de



***Digital Performer** en acción, en subordinación a la estación de trabajo digital. Performer automatiza tanto los dispositivos externos como los plug-ins a través del MIDI, que actúan como procesadores periféricos de la estación de trabajo principal, por ejemplo, **SADiE**.*

un secuenciador MIDI y el control de los parámetros del equipo externo.

Así es como se conecta la cadena de automatización del MIDI:

El audio reside en la estación de trabajo de masterización de un PC, por ejemplo SADiE, que controla una serie de procesadores externos en hilera, y que a su vez retornan a SADiE. Con SADiE o Sonic Solutions, el *master* del CD puede ser grabado en tiempo real utilizando este recorrido si es que el audio origen se encuentra a 44,1 kHz SR.R.

El que controla el **código de tiempo** es SADiE, y este código de tiempo alimenta otro ordenador, en este caso, un Macintosh ejecutando un secuenciador llamado **Digital Performer.**

Las instrucciones del MIDI se conectan desde el Performer a los procesadores externos en hilera, que en un truco ingenioso, automatiza también un plug-in nativo, el **Waves C4**, implementado directamente en Performer, tal y como se ilustra en la figura de arriba. Tratamos el C4 funcionalmente como si fuera otro dispositivo en línea externo a SADiE. Los procesadores nativos no se utilizan siempre en la masterización, pero he creado esta ilustración para mostrar como puede hacerse, incluso cuando la estación de trabajo para la masterización no soporta *plug-ins* "en vivo".

VII. Verificación de Formatos, archivar/copias de seguridad

El Control de Calidad de la Escucha

Hacía el final del proyecto, el arte de la **masterización** se ha convertido en una **ciencia.** En los estudios de masterización más grandes, esto es realizado por un departamento de Control de Calidad separado. El ingeniero de Control de Calidad debe tener oído musical, capacidad técnica, pero también mucho sentido común: el proyecto ha sido ya escuchado por el ingeniero de masterización y el productor y todos los ruidos han sido probablemente aceptados, incluso quizás bienvenidos como "parte de la música".
Si se descubre cualquier tic o ruido inadmisible en un *master*, hay que rehacerlo por completo y volverlo a escuchar/evaluar. No existen atajos. Durante el paso por el control de calidad, tenemos que utilizar tantos criterios objetivos como sea posible. Por ejemplo, un oyente crítico con auriculares tenderá a oír más ruidos que alguien con altavoces. ¿Significa esto que tenemos que utilizar auriculares para verificar un proyecto? Si la acústica de la zona no es la idónea, el control de calidad debe entonces realizarse con auriculares, pero los altavoces de una sala de masterización bien diseñada suelen ser más que suficientes. El ingeniero de masterización Bob Ludwig ha dicho que la escucha con auriculares resulta esencial cuando el número de canales se multiplica. Los ruidos o fallos técnicos potencialmente incómodos, escondidos en el canal de sonido envolvente durante la escucha con altavoces, resultan muy audibles al aislar ese canal en unos auriculares. Para complicar la situación aún más, un consumidor puede estar escuchando todos los canales a través de auriculares de sonido envolvente, mientras otros escuchan la versión reducida en estéreo (*folddowns*). Está claro que tenemos que prestar mucha más atención al detalle, y dar tiempo, que siempre es costoso, a la evaluación de un *master* final en sonido envolvente, incluso hasta el punto de necesitar entre 3 y 4 horas para el control de calidad de un programa de una hora, ¡incluyendo cualquier repaso necesario para comprobar una versión reducida a estéreo! Después tenemos que decidir como tratar cada ruido encontrado durante el proceso de control de calidad. Seguimos la práctica de anotar el código de tiempo de cada tono problemático, y a continuación comprobamos con el ingeniero de masterización y/o el productor si el ruido había sido ya aceptado.

"Si se descubre cualquier tic o ruido inadmisible en un master, hay que rehacerlo por completo y volverlo a escuchar/evaluar. No existen atajos."

El Control de Calidad incluye la comprobación de que las canciones correctas vayan en el lugar adecuado, según los listados proporcionados por el cliente de la duración de las canciones, las letras, etc. Debemos asegurarnos de que se lleva a duplicar el *master* correcto, y tenemos que ser especialmente cuidadosos para no confundirnos en la identificación de los diferentes discos compactos que componen un conjunto de CD múltiple. Con la llegada de la edición multimedia y los DVD, puede ser necesario más de un Control de Calidad, incluyendo la marca de agua final y

el *master* MLP*. Y con la entrega electrónica surgen las cuestiones legales de cual es el "*master* físico" oficialmente comprobado.

La Verificación Objetiva del Formato/Comprobación de errores

Los formatos digitales son susceptibles a tener pérdidas de información que provoquen errores, lo que motiva que todos los formatos de almacenamiento de audio digital: DAT, Exabyte, PCM-1630 y cintas DLT, así como los discos ópticos CDR y DVD-R, utilicen algoritmos de corrección de errores.* Los errores no corregidos provocan fallos técnicos, chasquidos y otros ruidos. Por lo general, cuando se reproduce una cinta o disco digital, no nos damos cuenta de la cantidad de corrección de errores que se da al mismo tiempo. Puede que suene muy bien ¡pero estar la cinta o disco a punto de fallecer! Si se hace trabajar mucho al sistema de corrección de errores, la próxima vez que se vaya a reproducir, una mota de polvo o un problema de alineamiento, o simplemente el desgaste natural, causará una perdida de señal durante la reproducción. Nuestro trabajo es mirar entre bastidores empleando herramientas de medición especializadas. Sólo la escucha, es como hacer que un doctor examine al paciente sin tomarle la temperatura. Así que la verificación del soporte es un minucioso examen interno.

Está también el asunto de la ocultación de errores, que es el último mecanismo de defensa de la reproducción digital. Si no funciona la corrección de errores, esto es, si hay un error que no se puede corregir, entonces el dispositivo de reproducción utiliza un interpolador. El interpolador examina los niveles del audio antes y después de una perdida de información y proporciona un sustituto intermedio. Si se realiza bien, la ocultación de errores puede sonar muy bien, pero los profesionales nunca utilizan un *master* tan degradado. En el formato PCM-1630, la ocultación de errores puede ser desactivada y el resultado es un enmudecimiento audible que dura, a propósito, un segundo o más, para llamar la atención en si mismo.

El sistema PCM-1630 utiliza un evaluador conocido como DTA-2000, y cada fábrica y servicio de

MITO:
Un test de recarga (loadback)/nulo muestra la integridad de un master para CD.†

Title		TEST2, 00, , 00, PREMAST,					
Test Start C-Time		0 01 53	A-Time	0 00	Samples	4851	
Test Stop		AA 00 15		79 42	De-tracks	0	
Parameter		Value	C-time	A-time	Avg	Thr	Cnt
BLER	1 Sec Max	29	1 00 18	0 20	2.5	220	0
	10 Sec Max	17	1 52 30	52 32		220	0
E-11	1 Sec Max	17	1 75 03	75 05	0.9	200	0
	10 Sec Max	3	1 01 07	1 09		200	0
E-21	1 Sec Max	9	1 01 43	1 45	0.4	200	0
	10 Sec Max	3	1 05 07	5 09		200	0
E-31	1 Sec Max	20	1 52 27	52 29	1.2	200	0
	10 Sec Max	13	1 52 29	52 31		200	0
BRST	1 Sec Max	3	1 00 19	0 21	0.5	7	0
	10 Sec Max	3	1 52 18	52 20		7	0
E-12	1 Sec Max	237	1 52 27	52 29	8.6	300	0
	10 Sec Max	155	1 52 30	52 32		300	0
E-22	1 Sec Max	12	1 03 45	3 47	0.0	15	0
	10 Sec Max	1	1 03 45	3 47		15	0
E-32	1 Sec Max	0			0.0	1	0
	10 Sec Max	0				1	0
I11 / Itop	Min	0.580 **	1 00 13	0 15	0.596	0.600	
I3 / Itop	Min	0.277 **	0 02 10	0 00	0.329	0.300	
	Max	0.354	1 79 14	79 16		0.700	
SYM*	Min	-12	1 64 53	64 55	-8.5	-20.0	
	Max	-5	0 02 51	0 00		20.0	
Rad Noise	Max	18	1 51 55	51 57	12.1	30.0	
PP Mag	Min	0.086	1 00 00	0 02	0.086	0.040	
	Max	0.086 **	1 00 00	0 02		0.070	
Cross talk	Max	50	1 00 00	0 02	49.5	50.0	

Un informe de un CD-A de Clover Brand Analyser. Fíjese en que el valor de BLER es 29 a 20 segundos (00:20 Abs time), dentro del primer segundo absoluto.

* MLP, de Meridian Lossless Packing, ver Capítulo 15.

* Los discos duros, sin embargo, no requieren por lo general de corrección de errores, ya que sus tasas de error son muy pequeñas.

† Al contrario, todos los tests nulos prueban que no existían errores incorregibles, pero no es una medida de la fiabilidad del medio o de recuento de errores. El test nulo es posterior a la corrección de errores. Puedes encontrarte a tan solo un bit de que falle y no saberlo. La siguiente vez que se reproduce un disco propenso a errores, podría darse una interpolación o un enmudecimiento si el recuento de errores es elevado. Gracias a Glenn Meadows por señalar estos hechos.

```
La unidad de disco Exabyte
informa: nivel de recuperación
de errores del 0 por ciento, y
un nivel de error del 0,0443386
por ciento.

Esta tasa de error está den-
tro del estándar de fábrica para
una nueva unidad de disco.

Completado el trabajo de
edición
```

Un Informe de Errores de Exabyte de Sonic Solutions que muestra la tasa total de errores para toda la cinta.

```
                    CD201032 - 20011028.txt


Audio Length consistent between subcode and mapstream data = 33837
8 CD Frames

SD (PQ descr) file - 960 bytes read. This is 15 blocks of size 64
bytes
Expected no subcode packets = 15, Actual no packets = 15
Comparing PQ List read in from DDP medium with list in memory.
Verification successful, lists are identical


AUDIO FILE
==========

Verifying audio integrity...

      block    block    Elapsed time     kilobytes       soft error
      size     count    (mm:ss.msec)     per second      count

      9408       56     00:00.109          4720          0
      9408       56     00:00.285          1805          0
      9408       56     00:00.534           963          0
      9408       56     00:00.588           875          0
      9408       56     00:00.543           947          0
      9408       56     00:00.589           873          0
      9408       56     00:00.570           902          0
      9408       56     00:00.546           942          0
      9408       56     00:00.586           877          1
      9408       56     00:00.544           945          0
      9408       56     00:00.589           873          0
      9408       56     00:00.563           913          0
      9408       56     00:00.546           942          0
      9408       56     00:00.585           879          1
      9408       56     00:00.571           901          0
      9408       56     00:00.564           912          0
      9408       56     00:00.569           904          0
      9408       56     00:00.544           945          0
      9408       56     00:00.588           875          0
      9408       56     00:00.545           944          0
      9408       56     00:00.589           873          0
      9408       56     00:00.569           904          0
      9408       56     00:00.562           915          0
```

Informe de Errores Detallado creado por el sistema SADiE, que muestra los errores en cada bloque, ¡lo hace un total de 30 páginas más! La fábrica se conforma con un resumen gráfico de una sola página que muestre la cuenta total de errores y la no acumulación de errores en ningún periodo corto.

masterización se decide por un criterio objetivo a la hora de aceptarlo. Por ejemplo, algunas empresas rechazan las cintas con un CRC (**Cyclical redundancy Check** *, errores corregibles, también conocidos como *errores blandos*) de más de 50 por minuto, o de más de 200 en total por cinta. Otras casas aceptan hasta 300 o incluso 400 CRC por hora, aunque esto es considerado excepcional o raro, una indicación de una calidad pobre del *master*. Por supuesto, cualquier error incorregible provoca el rechazo del *master*.

El sistema Clover es un popular evaluador para CDR. El criterio de calidad crítico en los CD-A y CDR es conocido como BLER (*Block Error Rate*). Un CD muy bueno puede tener un BLER tan bajo como 10, aunque los discos compactos todavía pueden ser reproducidos con un BLER de 1000 o incluso mayor, lo que ilustra la robustez del sistema de corrección de errores del CD-A. Los CD-ROM utilizan una capa adicional de corrección de errores. Una firma de masterización prudente rechaza cualquier CDR con un BLER de más de 100, o cualquier CDR con un error no corregible (E32).

En las cintas Exabyte, los informes pueden ser tan complejos como un documento de varias páginas que muestre el recuento de errores en cada bloque, o simplemente un informe de un solo párrafo que muestre el porcentaje de errores (ver los datos de la izquierda). Muchas casas de masterización rechazarán cintas Exabyte con un porcentaje de errores por encima del 0,1%, aunque un 0,2% ó incluso un 0,3% es bastante aceptable, mientras no haya nuevos intentos de lectura después de escritura en el informe de errores.

* N. Del T.: Cyclic Redundancy Check. Verificación por redundancia cíclica.

Otros asuntos sobre el Control de Calidad

Alguien debe aceptar la responsabilidad del Control de Calidad, pero los movimientos de la tecnología y la economía hacen difícil garantizar los estándares. El PCM-1630 cuenta con un prestigio legendario por su elevada calidad de sonido, y porque fuerza también que el *glass master* se realice a una velocidad de 1X, en la que el *master* puede ser escuchado, lo que hace ganar una etapa critica en el Control de Calidad. Sin embargo, la tecnología del 1630 es ahora lo suficientemente antigua como para preocupar por su fiabilidad, por lo que muchas fábricas hacen copias de 1630 a Exabyte, para evitarse problemas durante el costoso proceso de creación del *master* de cristal.

No hay por lo general una prueba de plancha, excepto cuando se van a prensar grandes cantidades. Solía existir en cada planta procesadora una sala de escucha, donde se escuchaban los *masters* antes de generar el *glass master.* Pero ahora, cuando el *master* llega a la planta de replicación, bien de forma física o electrónica, será probablemente copiado a gran velocidad en una cinta Exabyte o en el servidor central de la factoría, y no hay una escucha durante la creación del glass master. ¡Ha llegado el día en que el consumidor final es la primera persona en escuchar el producto! Cada proyecto necesita una **Madre Nodriza** para superar este lío.*

Como el Control de Calidad por humanos parece estar desapareciendo, especialmente en las entregas en formato electrónico, propongo que esta entrega electrónica cuente con un formato de detección de errores incorporado, como los utilizados en programas como ZIP para PC y Stuffit para Mac. Al abrir, se genera un error si el archivo descomprimido no contiene la misma información que se utilizo para crearlo. Utilizando este *master cifrado* se puede confirmar que el archivo ha permanecido intacto a través de todas las entregas hasta el momento de pasarlo al *glass master*. El formato *Meridian Lossless Parking* (MLP), utilizado para DVD-A, es autocorregible, pero su coste y tiempo de codificación lo hacen excesivo para el simple trabajo en estéreo.

Copias de Seguridad/Archivos

Después de finalizar un proyecto, esperamos hasta que el cliente haya aprobado el *master* (habitualmente escuchando una copia del *master*). Entonces borramos el material de nuestros discos duros, pero no sin antes guardar los informes con todo el material en un disco duro, y hacer una copia de seguridad interna del audio en algún tipo de cinta de ordenador. La copia de seguridad interna, se hace principalmente por si se pide alguna corrección en un plazo razonable de tiempo, ya que como decíamos, la tecnología digital está cambiando constantemente. Algunos sellos discográficos piden una copia de seguridad completa de sus *masters*, a menudo en cintas Exabyte de Sonic Solutions, o en algún otro formato de archivo aceptable.

*¿Copias de seguridad? No necesitamos ninguna co&*9 d5 ~)g !8od#.*

La diferencia decisiva entre una **copia de seguridad** (*backup*) y un **archivo** es que un archivo se realiza en un medio al que se le supone una larga duración (30 años o más). Sin embargo, deseo buena suerte a los que les toque descifrar todos esos ceros y unos en múltiples formatos, ¿existirán dentro de diez años los equipos capaces de leerlos? Los fabricantes de ordenadores

* Gracias a Mike Collins, de la revista *One to One* Magazine, número de Noviembre del 2001, y a diferentes discusiones en el *Mastering Webboard*, por inspirar esta sección.

parecen empeñados en la obsolescencia y renovación de los equipos, lo que hace aterradora la idea de la recuperación completa de la información. La evolución tecnológica es un asunto serio.

---

1 Recuerdo una situación análoga en el mundo del cine. Antes de 1977, no se había oído hablar del papel del Diseñador de Sonido, pero Ben Burtt recibió el honor de este título en la primera película de la saga de La Guerra de las Galaxias. El Diseñador de Sonido es la **Nave Nodriza** de toda la película, coordina toda la película desde la primera grabación, a través de todas las entregas, la edición y las mezclas finales. Como resultado, el film adquiere una fluida sensación global.

2 Un ingeniero de masterización me contó una situación en la que otra empresa añadió la parte de CD-ROM a un disco compacto extendido, y en el proceso, de alguna manera, modificó la calidad de audio de esa parte. Nunca asuma que todo irá bien cuando el master salga por la puerta, y si puede, llegue al extremo de aprobar y hacer una comprobación (en proyectos importantes) del producto final. Es posible realizar **tests nulos** o **comparaciones bit a bit** que comparen el master de audio original con su prensado final, asegurándose así, de que la información de audio no haya sido alterada tras dejar la casa de masterización.

En otra ocasión, una acreditada empresa copiaba **todos** los *masters* que le llegaban con un programa para usuarios domésticos que de manera automática acorta las pistas hasta las marcas finales, y que coloca después huecos vacíos de 2 segundos entre todas las pistas. De este modo, el prensado final de un concierto en vivo perfectamente masterizado ¡parecía editado con un hacha! Hay historias realmente terroríficas desde las trincheras, así que ¡asegúrese de prestar atención al Control de Calidad!

3 Bueno, esto es verdad a la hora de la masterización de discos compactos. Pero si retrocede a las épocas de la grabación de discos de vinilo, la ingeniero de grabación estaba obligada a grabar un disco completo en un pase continuo. Si se paraba, se creaba un surco cerrado, que era el equivalente al error E32. Una sofisticada ingeniero de grabación de LP hubiera percibido los ajustes en cada canción y hubiera cambiado los procesadores manualmente en las franjas entre canción y canción. Los ecualizadores se desarrollaron con ajustes A y B, permitiendo así presionar un conmutador en el hueco entre canciones y entonces ajustar sin prisas el ecualizador opuesto para la siguiente canción. Primitivo, pero equivalente de manera aproximada al proceso completamente automatizado que yo utilizo hoy.

Capítulo 2

Conectar todo

El Principio de la Monitorización Consistente

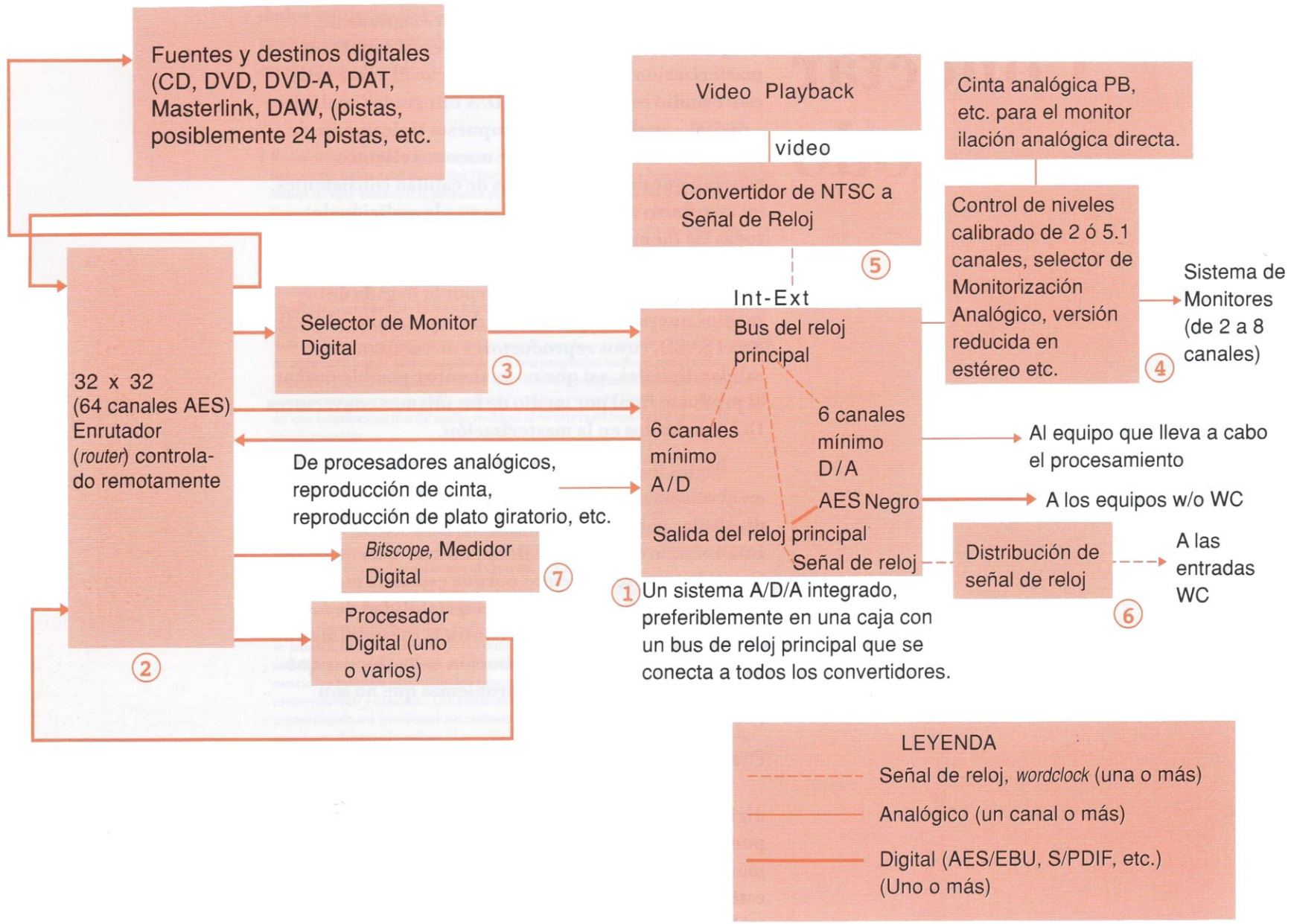
La siguiente página muestra un diagrama de bloques de las conexiones de audio en el estudio de masterización de audio digital *perfecto*. El corazón de este estudio es un sistema A/D/A integrado (analógico - digital - analógico) ①, compuesto típicamente de entre 6 a 8 canales. Dado que nuestros clientes esperan que emitamos juicios de calidad consistentes, en este único conversor realizamos la audición de todas las fuentes digitales y los formatos prensados. Desgraciadamente, este principio de la monitorización consistente ha sido perturbado por la llegada de medios nuevos con protección de copia, como el DVD-A y el SACD, cuyos reproductores no cuentan con salidas digitales, así que no es siempre posible probar el producto final por medio de los mismos conversores D/A empleados en la masterización.

Todos los canales de los A/D y D/A están alojados en el mismo chasis, con conexiones de reloj interno diseñadas para minimizar la inestabilidad de fase e inmunizarlo de la inestabilidad de fase externa. En el Capítulo 19 aprenderemos porque esta es la mejor arquitectura para una mínima inestabilidad de fase. Con un sistema inmunizado contra la inestabilidad de fase, el ingeniero de masterización evita el tener que andar cazando fantasmas y problemas que no son problema.

Enviando todo

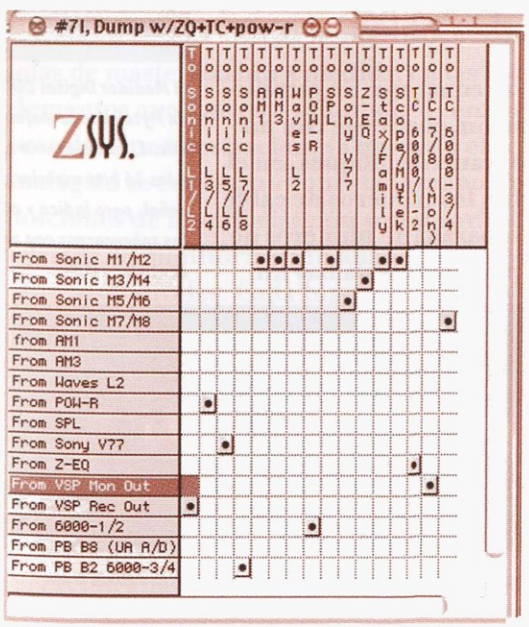
El enrutador (*router*) ② conmuta todas las fuentes digitales y los destinos en cualquier combinación. Se puede ser utilizar un enrutador de 16x16 en un estudio más pequeño o en uno dedicado a la producción de estéreo, pero se necesita al menos uno de 32x32 para el trabajo con sonido envolvente. La gama de enrutadores de Z-Systems puede teóricamente conmutar cualquier tipo de señal y soporta múltiples tasas de muestreo y diferentes sincronizaciones en el mismo chasis, puede

Diagrama de bloques de un moderno Estudio de Audio Digital, inmune a la inestabilidad de fase.



ser configurado para diferentes voltajes y estándares de impedancia, y puede por ello ser utilizado para AES/EBU o S/PDIF (2 canales por conexión para un total de 64 entradas y salidas a cualquier tasa estándar de muestreo), Dolby Digital (6 canales), MADI (múltiples canales) o formatos codificados como MP3, incluso para distribuir señal de reloj (*wordclock*). Posibles orígenes y destinos incluyen las estaciones de trabajo de audio digital, cinta, CD(R), compresores digitales, ecualizadores, conversores A/D y D/A, etc. Una fuente digital puede ser encaminada hacia múltiples destinos, pero una entrada digital solo puede aceptar una única fuente.

Con tan solo presionar un botón pueden crearse complejas cadenas de componentes analógicos o digitales, ya que los procesadores analógicos se encuentran conectados a los conversores, y los conversores están conectados al enrutador. Por ejemplo, esta imagen muestra el control remoto vía ordenador Macintosh de un enrutador 16x16 de Z-Systems.

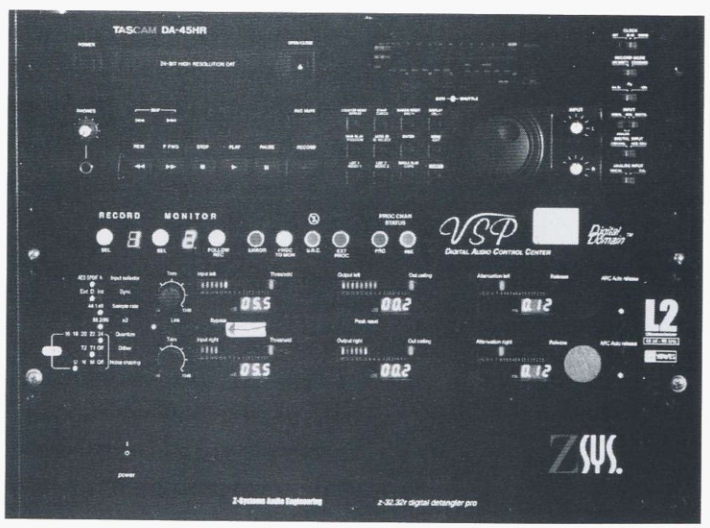


Control remoto basado en Mac de un enrutador 16x16 de Z-Systems.

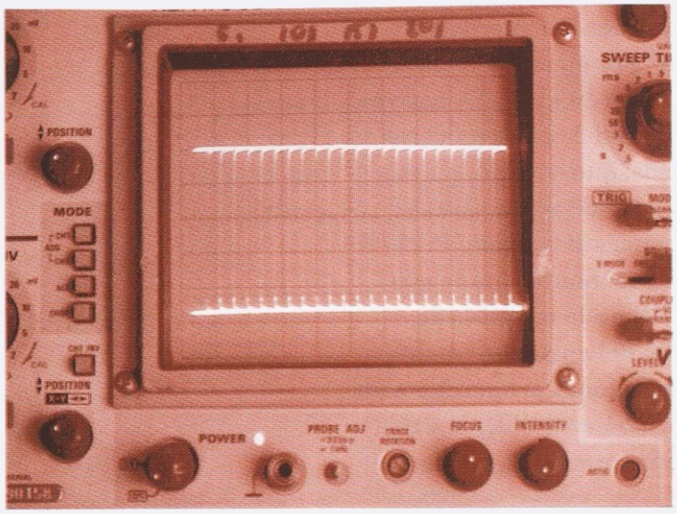
Los ajustes individuales pueden ser guardados y nombrados para cada proyecto. Por ejemplo, en este proyecto, un circuito estéreo surge en el DAW y retorna al mismo DAW: Sonic Solutions M3/M4 se conecta al ecualizador digital de Z-Systems, que se conecta a su vez las entradas 1/2 del TC Systems 6000 para un posterior procesamiento, y despues al tramado POW-R y de vuelta a las entradas L3/L4 del Sonic, donde son enviadas al grabador SCSI de CD o a la máquina de cinta *master*. Esta configuración del enrutador maneja también 2 canales de monitorización, y proporciona un camino auxiliar al circuito hacia y desde el DAW y una unidad de reverberación (el Sony V77).

En mi estudio de masterización el TC System 6000 funciona como el conversor A/D/A central, el control de niveles de monitorización digital calibrado, el control de la versión estéreo (*folddown*)[1], el reloj principal y el punto de inserción entre los puntos digitales y los procesadores analógicos. En otros estudios, algunas de estas funciones son relegadas al preamplificador de control analógico en línea (*analog monitor/line-stage preamp*) ④, que sigue al control de DAC, pero mi preamplificador en linea (*line-stage preamp*) sirve simplemente para comprobar el sonido directo de las fuentes solo analógicas (como un giradiscos o una pletina).

El selector de control digital ③, es un pequeño enrutador (se



El componente superior de esta parrilla es un Tascam DA-45, aparato DAT de 24 bits, debajo del cual está el modelo VSP de Digital Domain, que selecciona entre 6 fuentes digitales para grabar o copiar y 6 fuentes para monitorizar. Un selector de control A/B permite realizar comparaciones. Debajo del VSP se encuentra el limitador digital Waves L2, debajo del cual se encuentra el panel frontal de un enrutador 16x16 de Z-Sys controlado remotamente.

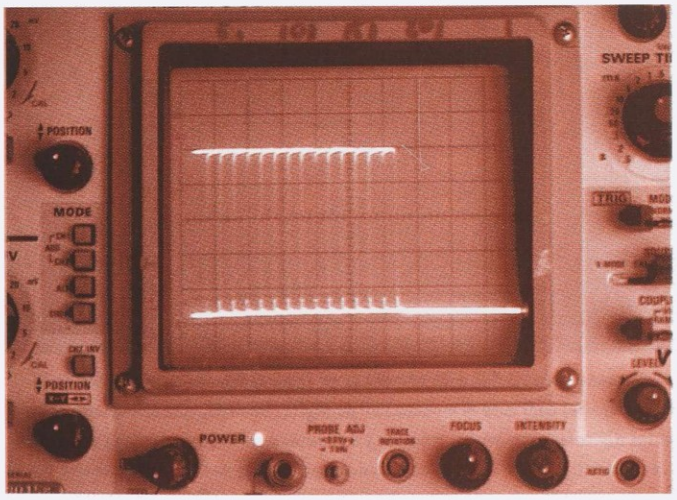


24 bits activos en el bitscope.

recomienda de 8x8) que toma cualquier subconjunto del 32x32 y lo redirige al DAC de control.

Esto permite la monitorización A/B o comparación entre dos fuentes digitales cualquiera como si fuera un "antes" y un "después" de la masterización. Digital Domain fabrica un selector de control digital llamado VSP (véase foto en página 37) que permite la selección instantánea A/B de dos fuentes estéreo cualquiera y poder elegir entre seis preselecciones.

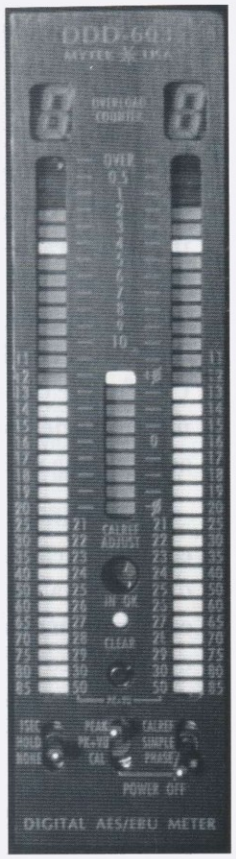
Normalmente, los conversores tienen un mejor rendimiento en sincronización interna, pero cuando se realiza video, los conversores deben colocarse en subordinación a la señal de reloj que viene de NTSC hacia el convertidor de la señal de reloj ⑤, y tenemos que depender de la calidad del PLL del convertidor para reducir la inestabilidad de fase, tal y como se explica en el Capítulo 19. Un amplificador de distribución de la señal de relojo conecta múltiples líneas de señal de reloj ⑥ hacia el DAW, el DAT, el sistema de arrastre del CD y a algunos procesadores que soportan entrada de señal de reloj. Sino, tenemos que depender del negro AES o de la señal que lleve AES para sincronizar el motor digital auxiliar.



16 bits activos en el bitscope, cambiado después del LSB.

Otro equipamiento importante incluye ⑦ un *bitscope* (osciloscopio y analizador lógico, véase fotografías en esta página) y un medidor digital, que pueden ser enrutados desde cualquier fuente digital. El *bitscope* sirve para volver a comprobar la integridad de bits de la fuente, confirmar que el tramado sea funcional, y que no haya bits extra debido a errores de *hardware* o de *software*.

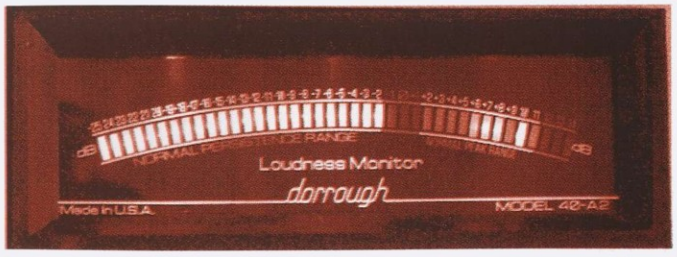
Habitualmente conecto el medidor y el *bitscope* a la misma salida del enrutador. En las imágenes se muestran dos ejemplos de los medidores utilizados comúnmente en la masterización.



El Medidor Digital DDD-603 de Mytek con la mejora de 96 kHz. El medidor solo responde a los 16 bits superiores de la señal, pero indica y cuenta las sobrecargas con un contador inteligente.

I. Diagrama de bloques y Números de Cables

Cuando se construye un estudio de masterización, comience con un detallado diagrama de bloques, en el que se inserten los números de cable de una lista separada de números de cable. En la página opuesta hay un

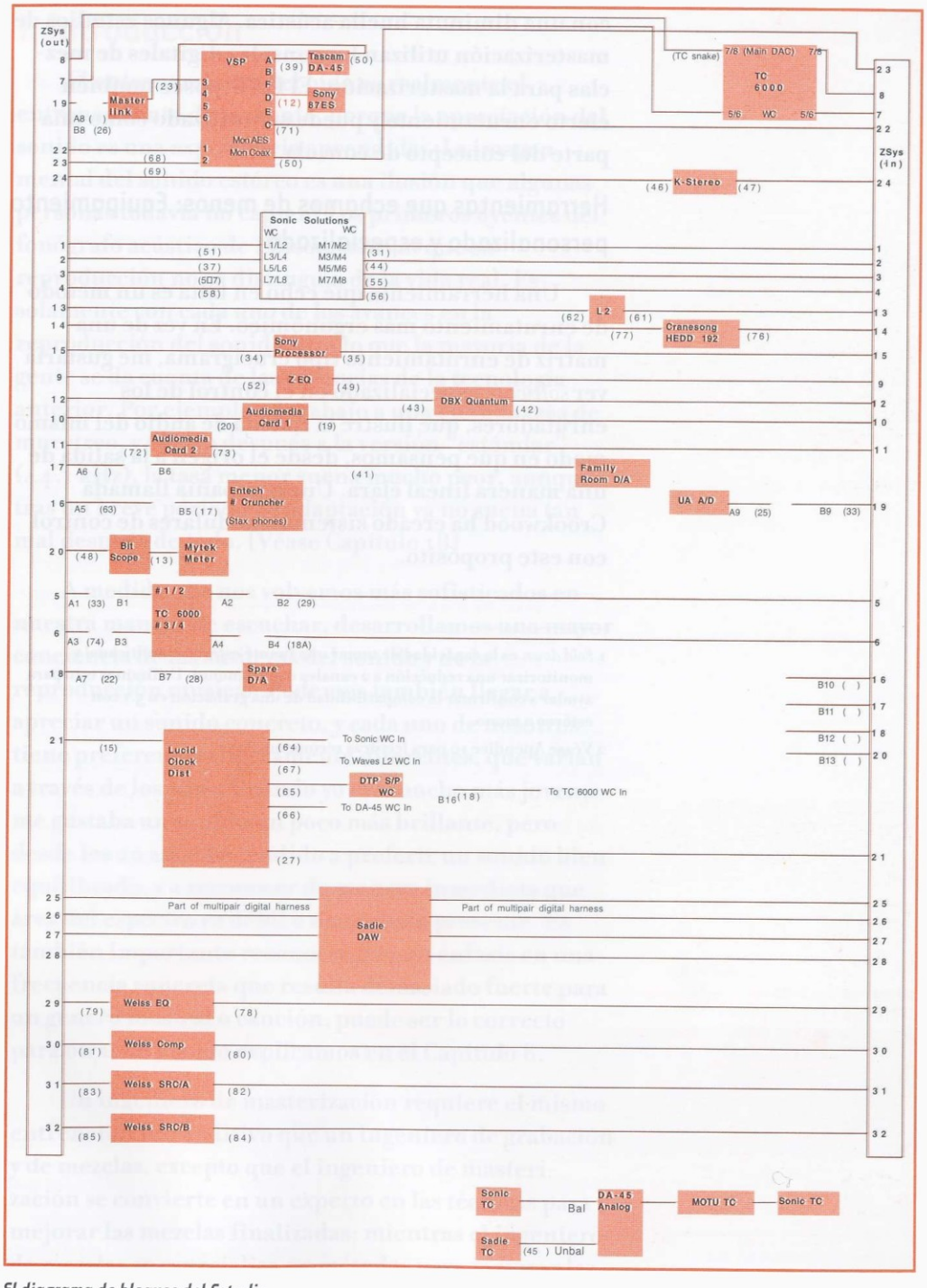


El Medidor de Volumen de Dorrough. Es extremadamente útili debido a las escalas duales, pero cuestiono que se le denomine un "monitor de volumen", ya que no se correlaciona con el volumen más que un vúmetro estándar.

ejemplo de diagrama de bloques con los números de cables entre paréntesis.

Unas técnicas de toma de tierra y de distribución de cables adecuadas son críticas.[2] Un estudio de masterización digital moderno puede contener tan solo unos pocos procesadores analógicos, así que es fácil colocar todo el equipamiento analógico físicamente junto en su propio armario, a cierta distancia de las interferencias de reloj. El equipamiento analógico utilizado para la masterización pueden ser personalizado para un recorrido mínimo de la señal, eliminando los transformadores y las etapas activas superfluas, algo que no se recomienda en un gran estudio analógico, donde los bucles de masa son más difíciles de localizar. Yo evito los paneles de conexión analógicos, ya que lo único que hacen es deteriorarse a lo largo del tiempo y su pequeña área de contacto contribuye a la distorsión de resistencia de contacto (*contact-resistance-distortion*), y prefiero utilizar en su lugar cables cortos de interconexión independientes.

Algunos estudios de masterización han fabricado consolas de masterización a medida, en las que se insertan elementos analógicos a voluntad. Mi enfoque evita una consola de masterización, ya que todo el equipamiento analógico se encuentra conectado manualmente, y las funciones de monitorización son absorbidas por un selector de monitorización analógico a medida y un control de niveles. Cada ingeniero de masterización tiene su propia variación de estos temas. El equivalente digital de la consola de masterización se consigue a través de una combinación del enrutamiento del Z-Sys, el selector de monitorización digital, además del TC System 6000, que cuenta con un procesamiento estéreo y 5.1 que incluye un control de versión estéreo, cierta capacidad interna de hacer mezclas, puntos de inserción analógicos y digitales y un control remoto



El diagrama de bloques del Estudio de Masterización con los números de cables entre paréntesis.

con una diminuta huella acústica. Algunos estudios de masterización utilizan las consolas digitales de mezclas para la masterización. El DAW posee también cierto enrutamiento y puede ser utilizado como una parte del concepto de consola.

Herramientas que echamos de menos: Equipamiento personalizado y especializado

Una herramienta que echo en falta es un método de enrutamiento más ergonómico. En vez de una matriz de enrutamiento tipo crucigrama, me gustaría ver *software* especializado en el control de los enrutadores, que ilustre la cadena de audio del mismo modo en que pensamos, desde el origen a la salida de una manera lineal clara. Una compañía llamada Crookwood ha creado sistemas modulares de control con este propósito.

---

1 *Fold down* es la capacidad de tomar una fuente estéreo o multicanal y monitorizar una reducción a 2 canales o uno (mono). Utilizamos esto para ayudar a confirmar la compatibilidad de una grabación en 5.1 con estéreo o mono.

2 Véase Apéndice 10 para lecturas recomendadas.

Capítulo 3

Una sesión de oidorientación

I. Introducción

El entrenamiento del oído es realmente el entrenamiento de la mente, porque la apreciación del sonido es una experiencia aprendida. ¡La imagen mental del sonido estéreo es una ilusión que algunas personas todavía no captan! Los primeros oyentes del fonógrafo acústico de Edison sentían que su reproducción no se distinguía de la vida real. Es solamente con cada uno de los avances en la reproducción del sonido, con lo que la mayoría de la gente se da cuenta de las carencias de la tecnología anterior. Por ejemplo, si trabajo a una elevada tasa de muestreo, y vuelvo después a la versión "estándar" (44,1 kHz), la tasa menor suena mucho peor, aunque tras un breve periodo de adaptación ya no suena tan mal después de todo. [Véase Capítulo 18]

A medida que nos volvemos más sofisticados en nuestra manera de escuchar, desarrollamos una mayor conciencia de las sutilezas del sonido y de la reproducción musical. Podemos también llegar a apreciar un sonido concreto, y cada uno de nosotros tiene preferencias ligeramente diferentes, que varían a través de los años. Cuando yo era mucho más joven, me gustaba un sonido un poco más brillante, pero desde los 20 años he tendido a preferir un sonido bien equilibrado, y a reconocer de manera inmediata que área del espectro es débil o demasiado presente. Es también importante reconocer que un énfasis en una frecuencia concreta que resulta demasiado fuerte para un género musical o canción, puede ser lo correcto para otra, tal y como explicamos en el Capítulo 8.

Un ingeniero de masterización requiere el mismo entrenamiento auditivo que un ingeniero de grabación y de mezclas, excepto que el ingeniero de masterización se convierte en un experto en las técnicas para mejorar las mezclas finalizadas, mientras el ingeniero de mezclas se especializa en métodos para mejorar las

mezclas, a través de la modificación del sonido de los instrumentos individuales que las componen. A medida que vamos hacía la era de la masterización de pistas derivadas (submezclas, o trozos de mezclas, p.ej., parte vocal, bajos, ritmo), habrá más solapamiento entre la realización de las mezclas y la masterización, ya que el ingeniero de masterización tendrá también cierto control sobre los instrumentos individuales o grupos.

"Haga del entrenamiento auditivo pasivo una actividad de toda la vida."

El entrenamiento auditivo puede ser una actividad **pasiva** o **práctica.** El entrenamiento pasivo se da todo el tiempo ("que altavoz tan metálico en ese sistema P.A"), mientras que el entrenamiento auditivo activo sucede mientras tus manos están sobre los controles. **Haga del entrenamiento auditivo pasivo una actividad de toda la vida,** esto es, el ejercicio regular de la conexión oído/cerebro, incrementará su capacidad de discriminar sutiles diferencias de sonido. Practique siendo consciente de los sonidos de su alrededor y trate de identificar sus características. Los expertos en acústica no pueden evitar juzgar el tiempo de reverberación de cada recinto en el que entran. Demasiado entrenamiento auditivo puede arruinar el disfrute de un programa musical o una buena relación, así que la regla número uno es ¡no cuente a su mujer todas las veces que nota que el sonido envolvente de la sala de cine es demasiado alto, o que el altavoz de agudos izquierdo está a punto de explotar! Sin embargo, cuando el material programado sea lo suficientemente aburrido, trabaje en el entrenamiento auditivo. Para mi es una maldición que me ataca de manera subconsciente en los momentos más extraños ("que sonido más de caja tiene la cámara de reverberación que están utilizando").

El entrenamiento auditivo **práctico** es el proceso de aprender como manipular los controles de un sistema de audio, para llegar al sonido que tiene en mente, esto también se conoce como el desarrollo de *la coordinación mano a oído.* Con la práctica, puede aprender a llegar ahí rápidamente y de manera eficiente. Antes de trabajar en un fragmento musical, trate de visualizar (¿audiolizar?) el sonido que está buscando; debería tener una meta sonora definida en su cabeza. Recibí una mezcla de un músico que es un excelente bajo de jazz. Era obvio para mí que no había escuchado la mezcla en diferentes sistemas de reproducción, ya que el bajo sonaba turbio, poco definido e irregular, lo último que un músico de bajo querría escuchar, y el instrumento tenía además el volumen demasiado alto. Afortunadamente, el músico de bajo coincidió conmigo en todas mis opiniones. Diagnostique que este era un caso de que *pequeño-altavoz de campo-cercano-itis* y no paso mucho tiempo antes de que encontrara la cura con ecualización y expansión ascendente de dos bandas (explicada en el Capítulo 11). Algunas veces no sabemos como vamos a resolver un problema, pero el tener una meta clara nos evita tener que andar buscando torpemente.

Hablar el lenguaje

El gráfico clásico incluido en el interior de la portada fue dibujado a mano en 1941 por E. J. Quinby, de la sala 801, en las profundidades del Carnegie Hall.* Lo hemos reproducido para el beneficio de los músicos que quieren conocer el *lenguaje de frecuencias* del ingeniero, y para los ingenieros que quieren hablar con un lenguaje musical. A veces diremos a un cliente, "Estoy potenciando las frecuencias alrededor de Do

* No he visitado nunca esa habitación, pero sería un interesante viaje arqueológico averiguar quien fue E. J. Quinby.

medio," en vez de "... alrededor de 250 Hz". Aprenda unas cuantas equivalentes de las claves, p. ej., 262 Hz representa Do medio, 440 es La sobre Do medio, y después recuerde que una octava tiene una relación 2X ó 1/2X. Por ejemplo, 220 Hz es la frecuencia de La bajo Do medio en la escala de igual sonoridad. Los rangos de los diferentes instrumentos musicales le darán también una pista de las características de la ecualización del sonido, la próxima vez que incremente hasta unos 225 Hz, piense en el extremo inferior de una trompa inglesa o una viola.

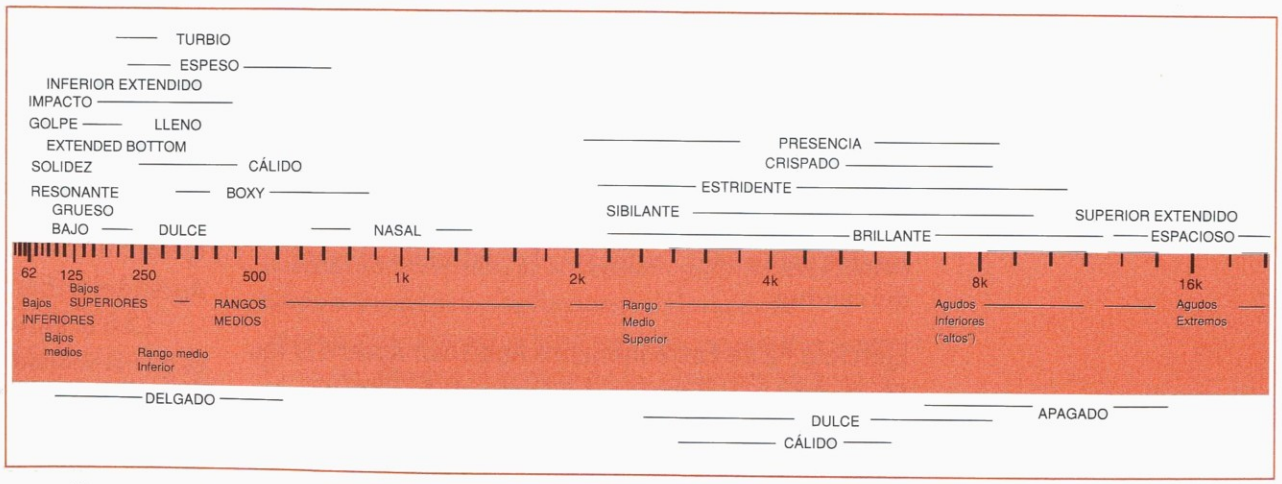
Aunque ayuda que un ingeniero haya tocado un instrumento y sea capaz de leer música, muchos ingenieros de éxito no hacen ninguna de las dos cosas. Sin embargo, no están limitados, porque tienen buena percepción de los tonos, pueden contar el compás y comprenden la estructura musical (estrofas, coro, puente,...) muy bien.

El siguiente gráfico es una representación gráfica de los términos subjetivos que utilizamos para describir los excesos o deficiencias de los diferentes rangos de frecuencias.

El exceso de energía se muestra por encima de la barra y el déficit por debajo. La barra está así mismo dividida aproximadamente en ocho regiones aproximadas. No existen términos estándar para estar divisiones: lo que algunas personas llaman el **bajo superior**, otras lo denominan el **rango medio inferior**, algunas llaman el **rango medio superior** a lo que otras llaman **agudos inferiores.** Fíjese que contamos con términos mucho más descriptivos para las áreas que se encuentran realzadas, en oposición a aquellas que disminuidas. Esto se debe a que el oído pone mucha más atención en las áreas más elevadas o en las resonancias, que en los declives o silencios.*

Unos cuantos ejemplos subjetivos

Con un ecualizador, puede hacerse **más cálido** el sonido de dos maneras: elevando el rango aproximadamente entre 200 y 600 Hz; o bajando el rango entre 3 y 7 kHz. Estos dos rangos formas un yin y un yang, tal y como explicaremos en el Capítulo 8. Otra manera de hacer más cálido el sonido (o su opuesto, más crispado) es añadir armónicos selectivos, como se describe en el Capítulo 16. Demasiada energía, y/o distorsión, en la región de 4 a 7 kHz pueden ser juzgadas como cortantes, especialmente en los instrumentos de metal más altos. La ecualización en esta zona puede exagerar o quitar énfasis a la distorsión armónica de un preamplificador o conversor. El término **presencia** se asocia con cualquier sonido que sea fuerte y claro, lo que a menudo significa un fuerte rango medio alto, pero demasiada **presencia** puede causar fatiga o ser estridente. Si el sonido es crispado, a menudo puede ser **endulzado** con la reducción de fuerza en el rango de



Los Términos Subjetivos que utilizamos para describir el Exceso o la Deficiencia de los diferentes Rangos de Frecuencias.

* Jim Johnston (en correspondencia) señala que los picos cambian el volumen parcial de una señal más que los declives. ¡Es todo psicoacústica!

2,5 a 8 kHz. Demasiada energía en el rango entre 300-800 da un sonido **de caja,** suba otra tercera octava y ese exceso es denominado a menudo como **nasal.** Una deficiencia en el rango de aproximadamente 75 a 600 Hz crea un sonido pobre.

Ejercicio #1 de Entrenamiento Auditivo: Aprender a Reconocer los Rangos de Frecuencia

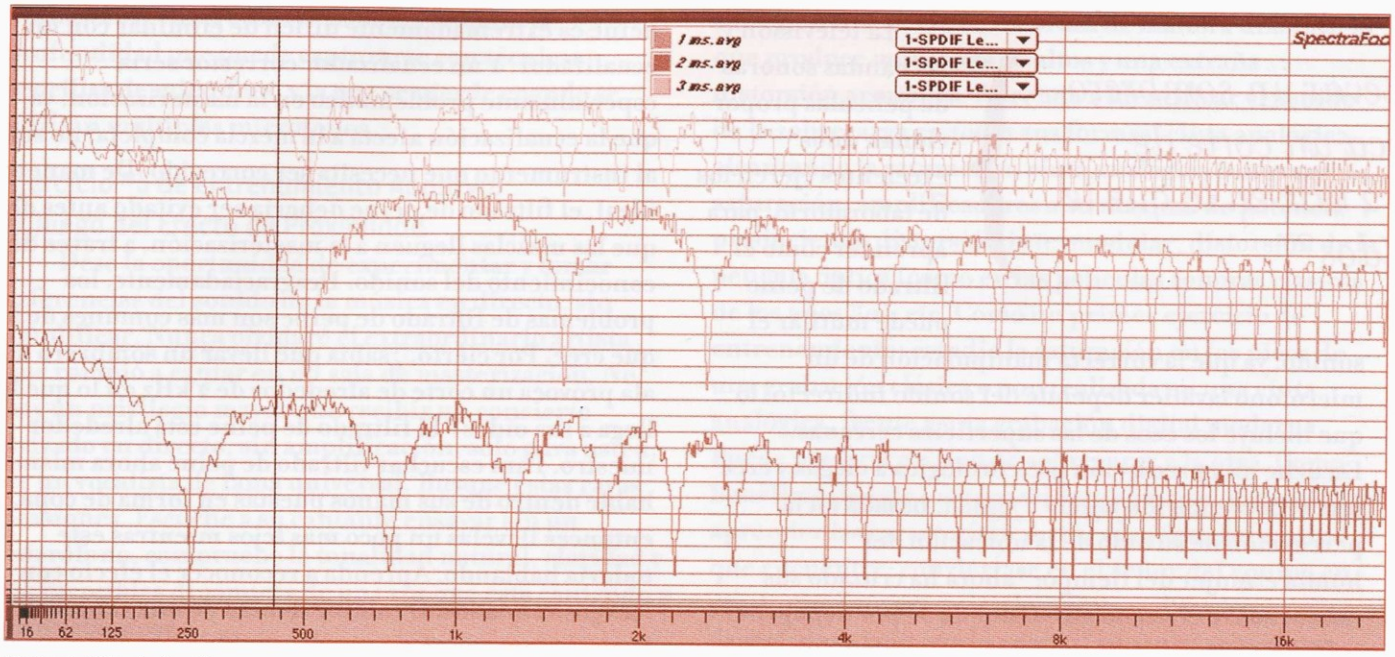
Aprender a reconocer las frecuencias es un ejercicio del perfeccionamiento de la percepción de los tonos. Tener un *tono perfecto* quiere decir que puede identificar cada nota con los ojos vendados. En los conciertos es un truco ingenioso si puede identificar la frecuencia de la retroalimentación antes del ingeniero de mezclas. Pero esta capacidad no es simplemente un truco: si aprende a identificar las frecuencias de oído, esto acelerará su rendimiento en los controles del ecualizador. Hubo un tiempo en el que practiqué hasta identificar de manera automática cada frecuencia en un tercio de octava y a ciegas, pero ahora mi percepción absoluta de tono se encuentra entre 1/3 y 1/2 octava, lo que es más o menos lo que usted necesita para hacer una ecualización rápida y eficiente. Comience su entrenamiento auditivo con ruido rosa y siga después con música, incrementando cada rango del ecualizador gráfico un 1/3 de octava, hasta que pueda reconocer el rango aproximado. Consiga un amigo que incremente los potenciómetros del ecualizador de manera aleatoria y haga así un test a ciegas. No se desanime si tiene un margen de error de alrededor de una octava. Esto le llevará suficientemente cerca del rango de interés para poder "enfocar" el ecualizador el resto del camino.

Ejercicio #2 de Entrenamiento Auditivo: Aprender los Efectos de la Limitación del Ancho de banda

Los altavoces menos caros tienen, por lo general, un ancho de banda más reducido, del mismo modo que los medios de menor calidad y las tasas de muestreo reducidas (p. ej., los archivos SR de sonido de 22,05 kHz que se utilizan a menudo en los ordenadores). Entrene sus oídos para reconocer cuando un programa se prolonga naturalmente y cuando se encuentra limitado por el ancho de banda. Es sorprendente descubrir cuanto filtrado de las frecuencias más agudas del espectro puede quitar, tal y como puede oírse cuando se muestran por televisión las películas antiguas con bandas sonoras ópticas. La mayor parte de la información musical está escondida en el rango medio, las únicas frecuencias que se mantienen en la conexión telefónica analógica. Mi carrera en televisión comenzó cuando las líneas telefónicas terrestres eran todavía el medio primario de transmisión entre redes, y pronto aprendí que un ancho de banda de 5 kHz se lleva la vida y claridad del sonido, aunque todo el contenido informativo se encuentre allí. No eran agradables aquellos días, antes de que la transmisión vía satélite y RDSI abrieran las redes de televisión al sonido de alta fidelidad. Practique aprendiendo a identificar estos efectos, utilizando filtros de paso alto y paso bajo en diferentes ejemplos de música. En lo que respecta al extremo más bajo, el oído humano tiende a suplir las frecuencias fundamentales perdidas. Esto se puede observar cuando se ve un viejo espectáculo televisivo que ha sido copiado y filtrado demasiadas veces, puede no darse cuenta de lo débil que suena la voz hasta que alguien se lo señale. Otra manera de estudiar la contribución del rango de bajos inferiores es encender y apagar los *subwoofers*, o escuchar grabaciones históricas.

Ejercicio #3 de Entrenamiento Auditivo: Aprender a Identificar el Filtro Peine

Casi la única ventaja del sistema de medida inglés es que la velocidad del sonido es un bonito número redondo, alrededor de 1000 pies por segundo, o aproximadamente incluso más, un pie por milisegundo. Cuando una única fuente sonora es recogida por dos micrófonos espaciados, y estos



Un fuerte filtrado de peine.

micrófonos se combinan en un único canal, resultará un audible filtrado de peine si:

- la ganancia de cada micrófono es aproximadamente la misma y los micrófonos son modelos idénticos o similares. Cuando la ganancia de un micro es reducida al menos 10 dB, el filtrado de peine resulta prácticamente inaudible.
- la distancia relativa del micro desde la fuente se encuentra en un área crítica entre 1/2 pie (unos 150 mm) y 5 pies (unos 1,5 m). A 5 pies, la atenuación de la señal del micro más alejado reduce también el efecto de peine.

El filtrado de peine puede ocurrir cuando una fuente y su replica con retardo son mezcladas en un único canal. El gráfico de arriba muestra la respuesta en frecuencia resultante, cuando la fuente y su retardo se encuentran en una ganancia equivalente. Las divisiones verticales son de 3 dB. De arriba abajo - un retardo de 3 ms (aproximadamente equivalente a una diferencia de trayectoria de 3 pies/1m), 1 ms, y 2 ms. En la vida real, el eco (retardo) será difuso y de algún modo algo atenuado, así que el efecto de filtrado de peine será menos grave.

Es asombroso cuantos ingenieros piensan que pueden arreglar las reflexiones de la música de un cantante en el escenario, con el añadido de un trozo de moqueta. Pero la moqueta no tiene un efecto significativo en el rango por debajo de unos 5 kHz, y como puede ver en el gráfico, allí es donde se encuentran los problemas principales. Otro ejemplo de filtrado de peine es cuando el sonido de un instrumento alcanza al micrófono tanto directamente como a través de las reflexiones del suelo. La monitorización del campo cercano es intrínsecamente inexacta, porque el sonido de los altavoces alcanza el oído directamente y también a través de los rebotes de la parte superior de la consola, lo que produce una respuesta de frecuencia muy desigual.

"¿Sabía que llevar un sombrero de ala provoca un corte de alrededor de 2 kHz en lo que le llega a sus oídos?"

La televisión y las bandas sonoras de películas proporcionan unos excelentes ejercicios de laboratorio, para aprender cómo el filtrado de peine puede mutilar el sonido, ya que la correcta manipulación de un micrófono lavalier depende del sonido indirecto, lo que incluye los ecos de las superficies cercanas. Escuche una predicción meteorológica a ciegas y cree una representación *jugada a jugada*, basada en la percepción de su oído de la ubicación del hombre/mujer del tiempo: "ahora ha cruzado sus manos sobre el pecho alrededor de 3" por debajo del micrófono lavalier. Ahora ha girado su rostro hacia la pantalla azul que está a unos 2 pies. Ahora ha descruzado sus manos y está caminando a lo largo de la pantalla. Se ha sentando en la mesa del presentador para la conversación y puede oír, por el profundo declive en los 500 kHz, que su micrófono se encuentra un pie por encima de la mesa. ¡Aja!, el ingeniero de mezclas ha abierto un segundo micrófono y la voz del presentador se esta metiendo en su micrófono desde un par de pies de distancia" El oído comienza de verdad a percibir el filtrado de peine cuando el retardo cambia, por ejemplo, el clásico efecto de retardo variable cuando un artista se mueve de un lado a otro delante de un escenario musical con eco. Esta es la razón por la que el mejor escenario musical no existe, los escenarios al aire libre son la segunda mejor opción y un cuidadoso emplazamiento hace el resto.

¿Qué tiene que ver el filtrado de peine con la masterización de audio? La respuesta es que aprender a identificar estos efectos es un ejercicio excelente de *oidorientación*. El gráfico muestra que el filtrado de peine es extremadamente difícil de eliminar con un ecualizador. Y un ecualizador corrector sería especialmente problemático en la masterización, ya que la ecualización afecta a la mezcla completa, no solo al instrumento que necesita ser corregido. De manera ideal, el filtrado de peine debería ser evitado antes de que las mezclas lleguen a la masterización, a través del conocimiento del sonido. Desgraciadamente, los problemas de filtrado de peine son más comunes de lo que cree. Por cierto, ¿sabía que llevar un sombrero de ala provoca un corte de alrededor de 2 kHz en lo que le llega a sus oídos? El filtrado de peine está alrededor nuestro. Para escuchar filtrado de peine ahora mismo, hable dentro de sus manos puestas en forma de copa, entonces llévelas un poco más lejos mientras este todavía hablando. Aprenda a reconocer el efecto con los ojos vendados. O camine dentro de una cabina de locución con sus ojos cerrados, hable a través de la ventana y vea lo cerca que ha llegado antes de haber percibido el cambio de tono.

Ejercicio #4 de Entrenamiento Auditivo: El Sonido de Grandes Grabaciones bien producidas; la Percepción de las dinámicas, Espacio y Profundidad

Muchos ingenieros de masterización tienen la suerte de trabajar con una amplia variedad de música a lo largo de la semana, nunca hay un momento aburrido. Entrene sus oídos en reconocer los sonidos bien grabados de cada género. Comience por familiarizarse con los sonidos de las grandes grabaciones realizadas con técnicas de micrófono puristas, poca o ninguna ecualización o compresión. Aprenda el modo en el que suena el rango dinámico amplio y las claras transiciones cuando son capturadas y reproducidas, lo que le ayudará a reconocer cuando se reproduzca el material con un rango dinámico limitado. El impacto percusivo de la vida real es el estándar que jamás será mejorado. Es una experiencia estimulante e incomparablemente vital, estar sentado justo en frente de una gran

orquesta en vivo. A continuación, compare la profundidad que puede capturarse con técnicas sencillas de micrófono y la que se pierde cuando se utilizan múltiples micrófonos.

Ejercicio #5 de Entrenamiento Auditivo: El Juego del Efecto de Proximidad

Dése la oportunidad de experimentar y tomar referencias del sonido de la música en directo, sin amplificar. Nunca olvidaré el extraordinario artista que rompió a cantar en mi sala de masterización. No hay un privilegio mayor que recibir un concierto privado en directo, sin amplificación, solo para usted, de un vocalista de fama universal. Busque estas raras ocasiones. Escuche a su cantante ensayar sin un micrófono, compruebe la tonalidad natural, claridad y las increíbles dinámicas de una voz que está cantando y proyectándose.

Ahora compare ese sonido natural con la utilización de los ingenieros del efecto de proximidad, que es el aumento en la respuesta de los bajos cuando un micrófono direccional es acercado a la fuente. La mayoría de las voces pop grabadas cuentan con un rango medio inferior y una presencia mayor que en la vida real. El truco es utilizar solo lo suficiente para hacerlo sonar "supernatural" pero no turbio, espeso, sibilante, brillante o crispado.

Ejercicio #6 de Entrenamiento Auditivo: El Sonido de la Sobrecarga

Muchos amplificadores tienen su propio sonido, probablemente atribuible a las sutiles diferencias en la estructura armónica. Cuando los amplificadores de estado-sólido se sobrecargan, **recortan** la parte redondeada de sus ondas de salida, haciéndolas cuadradas. El recorte es una forma de sobrecarga grave; algunos amplificadores (particularmente los amplificadores de tubo) sobrecargan con elegancia, y pueden ser utilizados como un tipo de compresor, engordando los sonidos cuando se les empuja a pasar su región lineal. Otros recortan de manera drástica, lo que produce montones de altos y una extraña distorsión armónica. Aprenda a identificar el sonido de la sobrecarga en todas sus formas: cinta analógica alcanzando la saturación, cinta analógica con grave saturación, amplificadores a su máximo de potencia produciendo distorsión intermodular, distorsión de la película óptica (como en las películas sonoras clásicas de los años 30), etc. Como un primer ejercicio de entrenamiento, estudie la saturación en los picos de una grabación clásica o pop realizada en una cinta analógica, frente a una grabación digital moderna. Puede preferir un tipo de sobrecarga a la otra. Como beneficio de este entrenamiento auditivo, empezara a aprender las características de cada pieza del equipo que encuentre; conviértase en el señor del equipo en vez de que éste sea quien le *masterice.* Pronto descubrirá algún equipo digital raro que sobrecargue de manera más suave que los otros.

Ejercicio #7 de Entrenamiento Auditivo: Identificar la Calidad del Sonido de Diferentes Cámaras de Reverberación

Las cámaras artificiales de reverberación han progresado tremendamente a lo largo de los años. Familiarícese con las variaciones de los diferentes modelos de reverberación. Algunos modelos exhiben *una resonancia de la vibración.* algunos suenan muy planos, mientras que otros producen una excelente simulación de la profundidad. Aprenderemos un poco como se lleva a cabo esto en el Capítulo 17.

No-ejercitar: Reconocer Malas Ediciones, Distorsión de Tono y Vibración, Problemas de Polaridad

Malas Ediciones: Soy tan paranoico que a veces pienso que ¡puedo oír ediciones en los conciertos! Pero en serio, un ingeniero de masterización experimentado debería ser capaz de reconocer una mala

edición en una cinta, en la que el ambiente o el sonido han sido particularmente cortados, o en la que haya pérdidas parciales de sonido. No tengo ningunos ejercicios específicos que recomendar, excepto estar de aprendiz/practicar con un ingeniero de edición experimentado que escuche sus ediciones y apunte sus fallos.

Distorsión de Tono y Vibración: La distorsión de tono y la vibración son provocadas por las variaciones de velocidad en las grabaciones, y ya no son un problema con la grabación digital. Pero los ingenieros de masterización son a menudo llamados a restaurar viejas grabaciones analógicas, así que para mejorar su precisión perceptual, haga una grabación de casete de un solo de piano, y compárelas con una grabación digital del mismo instrumento.

Problemas de Polaridad: Aprenda a reconocer cuando el canal izquierdo de una grabación se encuentra fuera de polaridad con el derecho. Cambie la polaridad de los cables de un altavoz y familiarícese con el sonido del error, que se caracteriza por un sonido débil y un agujero en medio de la imagen. Esto también le ayudara a reconocer cuando algunos instrumentos en unas mezclas se encuentran fuera de polaridad.

En Resumen

La *oidorientación* debería ser una actividad de toda la vida y nadie puede convertirse en un experto de un solo golpe. Estos ejercicios le ayudarán a conseguirlo más rápidamente.

---

1 Existe una técnica especializada de los ingenieros de mezclas de la televisión a la hora de manejar las pérdidas de micrófono y evitar una suspensión de la fase acústica (el filtrado de peine). La mayoría de las voces de mujer requieren de un poco más de ganancia, así que para esta explicación hemos hecho que el hombre/mujer del tiempo sea una mujer y el presentador un hombre. Ajuste los niveles de un solo micrófono, bájelo alrededor de 5 dB cuando la persona no se encuentre hablando, esto debería ser el micrófono que requiere la mayor ganancia (el que habla más bajo), porque su voz apenas se colará en el micrófono del presentador pero la de él se meterá en el suyo. Observe sus labios atentamente para no cortarle palabras.

Capítulo 4

Las Longitudes de palabras y el Tramado

I. Introducción

Este capítulo trata de (elija uno):

a) el más pequeño, más sutil, insignificante problema del audio digital

b) el más grande, más importante problema del audio digital

Si ha escogido tanto a) como b), entonces ha acertado. Los ingenieros de audio deben aprender como tratar y aprovecharse de la longitud de las palabras y del correcto tramado, pero debemos también mantener nuestros problemas en perspectiva. Si todo va bien en un proyecto, entonces el tramado apropiado es muy importante. Pero si las mezclas no son buenas, o la música no va al compás, entones el tramado probablemente no importa demasiado. Si queremos que **todo** vaya bien, y mantener la calidad sonora del audio, necesitamos prestar especial atención a los temas de este capítulo.

II. El tramado en el campo analógico

En un sistema analógico, la señal es *continua*, pero en un sistema digital PCM, la amplitud de la señal de salida del sistema digital se encuentra limitada a un conjunto de valores fijos o números. Este proceso se llama **cuantización**. Cada valor codificado es un paso específico. Por ejemplo, hay exactamente 65.536 pasos discretos, o *valores* disponibles en el audio de 16 bits, y 16.777.216 de pasos específicos, disponibles en el audio de 24 bits. Para calcular el rango codificable aproximado de cualquier sistema PCM, multiplique la longitud de palabras por 6; p. ej., multiplique 8 por 6 para conseguir 48 dB para un sistema de 8 bits. Así que el valor más bajo que puede ser codificado en 16 bits es 96 dB hacia abajo desde la parte superior, en 24 bits es 144 dB. En un momento introduciremos el concepto de tramado, pero si una señal es cuantizada sin utilizar tramado, aparecerá **distorsión de cuantización,**

asociada a la señal de entrada original. Esto puede introducir armónicos, subarmónicos, armónicos fantasmas, intermodulación, o cualquier conjunto de altamente indeseables clases de distorsión. Con el fin de evitar esto, la señal es *tramada*, un proceso que elimina de manera matemática y por completo los armónicos u otras distorsiones indeseables, y los reemplaza por un nivel de ruido fijo y constante.

Aquí va un *experimento mental* sencillo que explica porque el tramado es necesario y como funciona.* Creemos un básico conversor A/D. Lo haremos sensible a DC, y bipolar, para que responda tanto a las entradas analógicas positivas como a las negativas, y démosle un gran umbral LSB de 1 voltio para facilitar los cálculos. Construiremos nuestro ADC para que una fuente analógica por encima del rango de entre -5 y +5 voltios produzca una palabra digital de salida de 0, y una fuente analógica por encima del rango de entre +5 y 1,5 voltios produzca una salida de 1, etc. Si, sin aplicar tramado, presentamos una señal DC (continua) a la entrada del ADC, la salida del ADC será una cadena de ceros. De hecho, cualquier señal entre -0,5 y 0,5 voltios dará una salida ADC de 0. Cualquier información por debajo del umbral de LSB se perderá por completo tal y como se ilustra arriba.

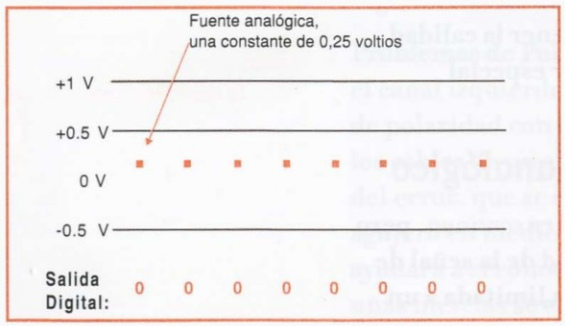
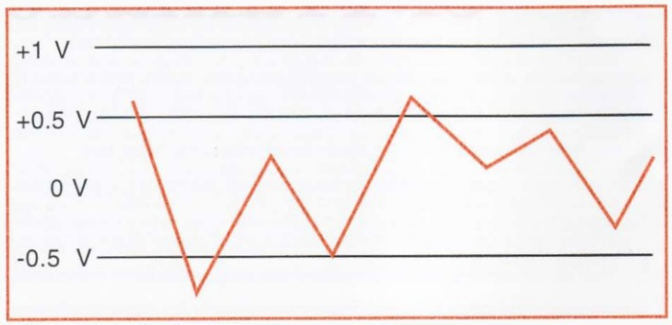


Gráfico de un ADC hipotético cuyo umbral LSBes 1 voltio (+ o - 0,5 voltios). Cada entrada analógica muestreada está representada por un pequeño cuadrado naranja, en este ejemplo, la fuente analógica está mantenida a unos 0,25 voltios continuos. Fíjese que cualquier entrada entre -0,5 voltios y + 0, 5 voltios se perderá, porque se encuentra por debajo del umbral del LSB, lo que produce una cadena de ceros. Como está por debajo del umbral, una señal DC continua a 0,25 voltios no será detectada.

Elimine la señal de 0,25 voltios y aplique tramado a la entrada del ADC en la forma de una señal completamente aleatoria (es decir, ruido) centrada en 0 voltios. Su amplitud de pico conmuta de manera aleatoria el LSB del ADC. La salida del ADC será un flujo de valores aleatorios muy pequeños. Sin embargo, la **media** de todos estos valores será cero.

Apliquemos ahora nuestra señal de 0,25 voltios otra vez (con el tramado activo). Los dos voltajes analógicos se suman, el tramado y nuestra señal. **En cada muestra (en el tiempo), el valor de 0,25 de nuestra señal analógica se añade al valor aleatorio del tramado.** El flujo de salida parecerá de nuevo como un flujo de números aleatorios muy pequeños, pero ¿adivine que?



Tramado aleatorio aplicado al ADC cuyo valor pico a pico más alto es ligeramente mayor que el LSB y cuyo valor medio es cero voltios.

La MEDIA de todos estos números será otra vez... lo que se imaginaba, 0,25. De este modo, hemos retenido la información que se había perdido previamente (aunque estaba enterrada en "ruido"). En otras palabras, hemos mejorado nuestra resolución. La conversión es todavía esencialmente aleatoria, pero la presencia de la señal de 0,25 voltios *sesga* la aleatoriedad. Explicado de otra manera, la característica del sistema con el muestreo activado se transforma desde un completo determinismo, a una de probabilidad estadística. La oscilación periódica del LSB entre los estados de 0 y 1, da como resultado la codificación de un valor de fuente que es **menor** que el LSB. En otras palabras, como media, el LSB coloca unos cuantos unos más que ceros, debido a nuestra señal de +0,25 voltios.

---

* Cortesía de Mithat Konar, director de ingeniería de Biró Technology. También, muchas gracias a Jim Johnston por ayudarme a hacer el diagrama visual.

Decimos que el tramado *influye, conmuta* o *modula* el LSB .[1]

Con el tramado activo, podemos ahora cambiar la señal de entrada a lo largo de un rango continuo y el promedio de la salida ADC lo seguirá perfectamente. Una señal de entrada de 0,373476 voltios tendrá un promedio de salida ADC de (el equivalente binario de) 0,373476. Lo mismo mantendrá la exactitud de las entradas que pasan por encima del umbral LSB: una entrada de 3,22278 tendrá una media de salida ADC de 3,22278. Así que el tramado no solamente ha mejorado la resolución del sistema en muchas posiciones decimales, ¡sino que ha eliminado también el "escalonamiento", los efectos de cuantización!

En realidad, el tramado amplía la resolución de un sistema digital y además de ser capaz de grabar y de reproducir **todos** los valores analógicos en niveles altos y medios, el tramado nos permite codificar señales de bajo nivel **¡por debajo del límite de -96 dB!**[2] Estos resultados - la mejora de la resolución y la eliminación de la distorsión de cuantización - no pueden ser obtenidos por el añadido de ruido **después** de la conversión A/D. Así que el tramado debe ser añadido en el punto adecuado del circuito y añadir ruido no es lo mismo que tramar.

La mejora de la resolución del tramado es verdaderamente física/matemática por naturaleza, no simplemente un truco para hacer trampas al oído. El tramado **no** es simplemente un medio "para enmascarar la disolución de los bajos niveles digitales". Las explicación psicoacústica es que como los seres humanos son capaces de escuchar señales aún en la presencia de ruido más intenso que la propia señal, es decir, con tasas señal/ruido negativas. En la práctica, podemos escuchar señales de aproxi-madamente 15 ó 20 dB por debajo del LSB, así que una grabación adecuadamente tramada de 16 bits puede tener un **rango dinámico percibido** tan grande como 115 dB. Pero su tasa señal/ruido (señal/tramado) solo medirá unos 91 dB, ya que el añadido del tramado aumenta el ruido base alrededor de 5 dB.[3] A pesar de todo, podemos escuchar señales por debajo del ruido, lo que explica porque el rango dinámico percibido del sistema es mayor que su *capacidad de codificación.*

Todo A/D bien realizado de 16 bits incorpora tramado para hacer la señal más lineal. Si usted es suficientemente afortunado como para tener un A/D de 20 ó 24 bits y almacenamiento de 24 bits para empezar, entonces el tramado no será probablemente necesario durante la codificación analógica original. Aunque el inherente ruido térmico en sus entradas no está conformado para tramar perfectamente la fuente, los actuales A/D de 20 bits realizan **cierto grado** de tramado automático en el nivel de 18 a 19 bits debido a su básica limitación física. De manera similar, una transferencia desde la típica cinta analógica tiene probablemente el suficiente siseo para realizar un tramado automático a cualquier transferencia a 16 bits, mientras no haya procesamiento digital antes del almacenamiento. Pero creo que existe una ligera ventaja en la codificación de cualquier transferencia a 20 bits o superior, porque el oído puede escuchar la señal por debajo del ruido, ciertamente no hace daño codificar en 24 bits, excepto que supone más espacio de almacenamiento.

El rango dinámico de un conversor A/D a cualquier frecuencia puede ser medido sin un analizador FFT. Todo lo que necesita es un generador exacto de pruebas de tono y un amplificador de auriculares de ruido reducido con ganancia suficiente. Para llevar a cabo la prueba, simplemente escuche a la salida analógica y vea cuando desaparece (utilice un D/A realmente bueno para esta prueba). Otro test importante es atenuar la música de una estación de

MITO:
El añadido de ruido es lo mismo que el tramado.

trabajo (unos 40 dB) y escuchar la salida del sistema con auriculares. Escuche el ambiente y la reverberación, un buen sistema todavía pondrá de manifiesto el ambiente, incluso a ese nivel bajo. Escuche también el carácter del ruido, es una experiencia muy educativa.

III. La necesidad de (re)Tramar en el Campo Digital

El Primer Secreto del Audio Digital: Como Expandir la Longitud de Palabra

Incluso una vez que la señal ha sido transformada en números, bajo muchas circunstancias todavía no estamos libres de la necesidad de un mayor tramado. Desgraciadamente muchos fabricantes de procesadores y DAWs no han reconocido todavía este hecho,[4] y esto explica en parte por la que algunos aparatos digitales suenan puros y dulces, mientras otros son fríos y estridentes. La razón: siempre que transforme audio cambiando su señal, ecualizando, comprimiendo o casi cualquier otro tipo de cálculo, **¡usted ha incrementado también su longitud de palabra!** Lo que significa que la calidad sonora de la música se deteriorará si simplemente trunca la salida a 16 bits o a cualquier longitud de palabras menor. Veamos como sucede esto y como podemos evitar el problema.

Aquí va una lección simplificada de DSP (*Digital Signal Processors*, Procesadores de Señal Digital). El audio digital es pura aritmética, pero la exactitud de esta aritmética, y como el ingeniero (o la estación de trabajo) maneja este producto aritmético, puede dar toda la diferencia entre el audio digital de sonido puro o el papel de lija digital. Todos los DSPs manejan el audio digital muestra a muestra. A 44,1 kHz, hay 44.100 muestras por segundo (88.200 en muestras estéreo). Cuando se cambia la ganancia, el DSP examina la primera muestra, realiza una multiplicación, escupe un nuevo número, y continúa después con la siguiente muestra. Es así de simple.

Para evitar una notación innecesariamente complicada y esotérica como la notación en complemento a 2, fijo frente a punto flotante, y otros detalles digitales, voy a inventarme el término *dólares digitales*. Supongamos que el valor de su primera muestra de audio digital esté expresado en dólares en vez de en voltios, por ejemplo, un dólar 51 céntimos - $1,51. Y supongamos que quiere disminuir esto (atenuarlo) unos 6 dB. A propósito, si hace esto mal, perderá más que dinero. 6 dB es la mitad del valor original.[5] Así que, para atenuar nuestra muestra de $1,51, la dividimos entre 2.

¡Ups! $1,51 dividido entre 2 es igual a 75 y 1/2 céntimo, o $0.755. Así que, acabamos de ganar un lugar decimal extra. ¿Qué deberíamos hacer con él? Resulta que manejar estas posiciones extras es de lo que trata el buen audio digital. Si simplemente dejamos caer el 5 extra, hemos perdido teóricamente solo medio penique, pero, volviendo al mundo del audio, ese medio penique contiene gran parte del ambiente natural, reverberación, declive, calidez y división estéreo ¡qué se encontraba presente en la muestra original de $1,51! Si pierde ese medio penique, con él se va su sonido. El dilema del audio digital es que la mayoría de los cálculos dan lugar a una longitud de palabra mayor de aquella con la que empezó. Obtener más posiciones decimales en nuestros dólares digitales es análogo a tener más bits en nuestras palabras digitales. Cuando se lleva a cabo una multiplicación o una división, la longitud de palabras puede incrementarse infinitamente, dependiendo de la precisión que utilicemos en el cálculo. Un aumento en la ganancia de 1 dB supone multiplicar por 1,122018454 (con una exactitud de 9 posiciones). Al

multiplicar $1,51 por 1,122018454, obtiene 1,694247866 (pruébelo con su calculadora). Cada posición decimal concreta puede parecer insignificante, pero los DSPs requieren de unos precisos cálculos **repetidos** para realizar el filtrado, la ecualización, y la compresión, y el número final puede no parecerse para nada al resultado correcto, a *menos que se mantenga una adecuada precisión.* Recuerde, cuanta mayor precisión, más claro sonará al final su audio digital (hasta un límite razonable).

Así que este el primer secreto crítico del audio digital: *expandir la longitud de palabra.* Pero si este concepto es tan simple, ¿por qué es ignorado por demasiados fabricantes? La respuesta es simplemente el coste. Mientras los DSPs son capaces de realizar aritmética de doble y triple precisión (todo lo que tiene que hacer es almacenar los resultados intermedios en registros de almacenamiento temporales), esto los ralentiza, y complica todo el proceso. Es una difícil elección, que recae por completo en el programador/diseñador del procesador del DSP, que probablemente ha sido apuntado con una pistola por los jefes para que encaje más características del programa en un menor espacio y por menos dinero. Las cuestiones de calidad del sonido y distorsión de cuantización pueden ser discutidas en comparación con el precio de venta. En el Capítulo 16 intentaremos aprender si los procesadores que miden mejor suenan también mejor. Es una apuesta segura decir que la alta potencia es al mismo tiempo costosa y de mejor sonido.

Dentro de una consola de mezclas digital (o estación de trabajo), el bus de mezclas debe ser mucho mayor de 16 bits, porque el añadido de 2 muestras (o más) de 16 bits juntas y multiplicarlas por un coeficiente (el nivel del potenciómetro master es uno de estos coeficientes) puede resultar en una muestra de 32 bits (o mayor), en el que cada pequeño bit es significativo.[6] Como el estándar AES/EBU puede llevar hasta 24 bits, es muy práctico tomar la longitud de palabra interna, bajarla hasta 24 bits, y enviar después el resultado al mundo exterior, que podría ser un dispositivo de almacenamiento de 24 bits (u otro procesador). El siguiente procesador en línea puede tener una longitud de palabra interna de 48 bits o más, pero antes de su salida hay que reducir de nuevo a 24 bits. El resultado es un error, que se acumula lentamente en los bits menos significativos, de procesamiento en procesamiento. Afortunadamente, el bit menos significativo de una palabra de 24 bits se encuentra por debajo de 144 dB, y la mayoría de la gente sana reconoce que ese grado de error es inaudible,[7] pero únicamente si los procesadores reducen adecuadamente sus longitudes de palabra respectivas, a 24 bits en su camino de salida.

¿Algo gratis?

Supongamos que queremos grabar la salida de la consola digital a un grabador de CD, que solamente almacena 16 bits. Francamente, es un compromiso significativo llevar una palabra de salida de 24 bits de la consola y truncarla a 16 bits. Incluso si la fuente (multipistas) se encuentra a 16 bits, hay una ventaja en utilizar la salida de 24 bits de la consola o del DAW. Del mismo modo, hay solo una forma correcta de usar un compresor digital o ecualizador o reverberador u otro procesador: Grabar su salida de 24 bits en un medio de 24 bits. Y los procesadores o consolas que supuestamente producen una salida de 16 bits de una entrada de 16 bits ¡están tirando bits! Lo mismo es verdad para aquellos programas económicos que son montados en ordenadores que aceptan CDs de audio y que permiten manipular el sonido y escribir un nuevo CD. Los oyentes críticos se darán cuenta inmediatamente que nada es gratis. Puede lograrse una mayor resolución y una mejor calidad de audio, al mezclar con una consola analógica a 30 IPS, cinta analógica de 1/2", que

pasando la señal a través de una consola digital que trunca su longitud de palabra interna a 16 bits. Si la consola trama su salida a 16 bits en vez de realizar un truncamiento (compruebe con el fabricante), la situación es un poco mejor pero incluso el tramado tiene también sus compromisos, como veremos.

Como Funciona el Tramado en el campo digital

Como el truncamiento[8] es tan negativo, ¿qué tal si redondeamos? En nuestro ejemplo de dólares digitales, terminamos con medio centavo extra. En nuestro instituto de secundaria, nos enseñaron a redondear los números hacia arriba o hacia abajo, de acuerdo a una regla (nos enseñaron "los números pares... se redondean hacia arriba, los impares... hacia abajo"). Pero el redondeo no produce un resultado mucho mejor que el truncamiento, quizás añade medio bit de precisión adicional, pero con un montón de distorsión de cuantización correlacionada. Así que cuando estamos manejando más precisión numérica e importantes números pequeños, todavía tendremos que utilizar tramado de ruido para llevar la información desde el LSB a los bits que tratamos de utilizar.

La lógica es la misma que la descrita para el campo analógico, excepto que el procesador debe generar el tramado digitalmente, como una serie de números aleatorios que simulan la aleatoriedad del tramado analógico. Esto se conoce a menudo como *re- tramado*, porque la señal puede haber sido ya tramada durante el proceso de codificación (grabación). Pero la ventaja del tramado original se pone en cuestión una vez que hemos reprocesado el audio y debemos tramar todo de nuevo, para preservar la resolución antes del truncamiento. En el ejemplo analógico, aprendimos que la señal codificada más el tramado de ruido, contiene toda la información de bajo nivel por debajo del LSB, porque **añadimos** el tramado analógico a la señal analógica de bajo nivel. De manera similar, en el campo digital podemos sumar dos números digitales, uno de los cuales es un número aleatorio que representa el ruido aleatorio.

Para hacer esto, calculamos números aleatorios y añadimos un número aleatorio diferente a cada muestra. Después, lo cortamos a 16 bits (o a cualquier longitud de palabra que deseemos). Los números aleatorios deben ser también diferentes en las muestras de izquierda y de derecha, o sino la separación estéreo se verá afectada.

Por ejemplo,

Empezando con una palabra de 24 bits (cada bit es o un 1 o un o en notación binaria):

El resultado de la suma de las Zetas con las Y griegas se lleva al nuevo bit menos significativo de la palabra de 16 bits (LSB, la letra W arriba) y posiblemente a bits mas altos si se tiene llevada. Como en el ejemplo analógico, la secuencia de números aleatorios se combina con la información original de bits inferiores, *modulando* el LSB. El resultado es que gran parte de la calidad de sonido de la palabra larga, es llevada a la palabra mas corta. Los números aleatorios como estos se traducen en ruido aleatorio (siseo) cuando se convierten a analógico y este siseo es audible si se escucha detenidamente con auriculares.

```
                        -16 bits superiores-  8 inferiores
24 bits Originales MXXX XXXX XXXX XXXW   YYYY YYYY
Sumar número aleatorio                   ZZZZ ZZZZ
```

Algunas Pruebas de Linealidad

Si una estación de trabajo de audio digital trunca palabras digitales o hace otras cosas desagradables, esto puede verificarse sin utilizar ningún instrumento

de medida excepto sus oídos. La pista 42 de *Best of Chesky Classics and Jazz and Audiophile Test Disc*, Vol. III[9] es un fundido al ruido sin tramado, que muestra distorsión de cuantización y perdida de resolución. La pista 43 es un fundido al ruido con tramado de ruido blanco, y la pista 44 utiliza tramado de ruido conformado (se explicará). Utilizando la pista 43 como la fuente de prueba, es posible escuchar una señal suave y sin distorsión por debajo de unos -115 dB. La pista 44 muestra cuanto mejor puede sonar. Si después procesamos la pista 43 con ecualización digital o cambio de niveles (tanto de ganancia como de atenuación, con y sin tramado) podemos escuchar lo que hacen al sonido. Si la estación de trabajo no esta a la par, el resultado puede ser bastante desconcertante. De manera alternativa podemos enviar la salida de la prueba desde la estación de trabajo a un grabador de CD, cargar de nuevo el CD, y aumentar la ganancia del resultado de 24 a 40 dB para ayudar a apreciar los problemas de los niveles bajos. La distorsión de cuantización del incremento de 40 dB no enmascarará los problemas que está tratando de oír, aunque es teóricamente mejor si el tramado puede ser añadido para el gran impulso.

Tan poco Ruido - Tanto Efecto

-91 dB parecen tan poco ruido. Pero de manera extraña, los oyentes astutos han sido capaces de escuchar el efecto del tramado de ruido, incluso en los niveles de escucha normales. El tramado de ruido nos ayuda a recuperar ambiente, pero a la inversa ¡también oscurece el mismo ambiente que estamos intentando recuperar! El tramado en el nivel de 16 bits añade un ligero velo al sonido. Esto es por lo qué yo digo, *el tramado, no puedes vivir con él, y no puedes vivir sin él.*

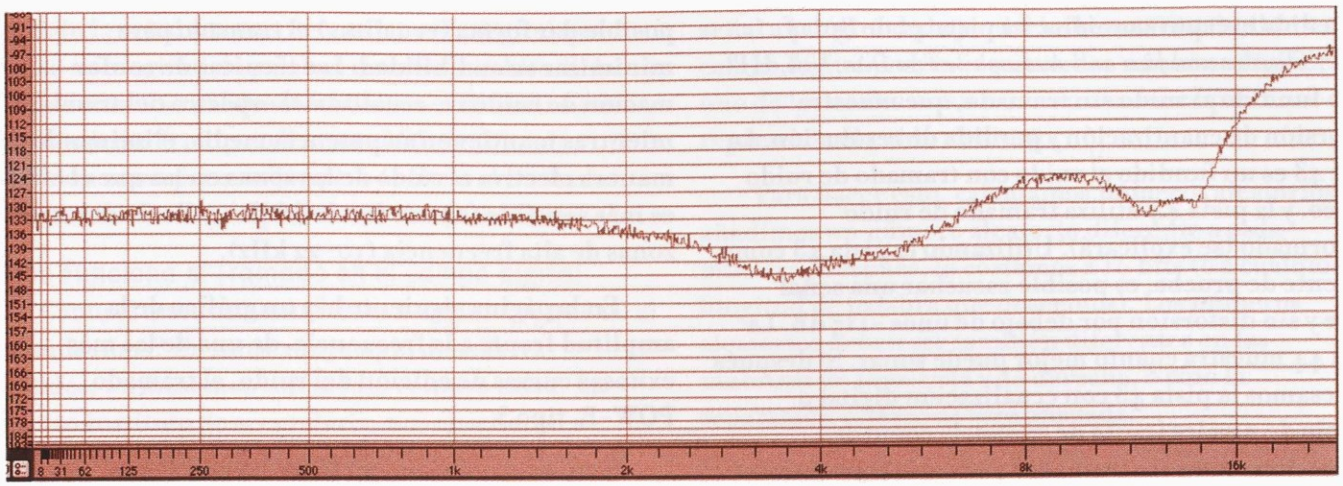
Técnicas de Tramado Mejoradas

Sin embargo, querer es poder. Aunque la amplitud requerida de un tramado de 16 bits es de -91 dB, es posible dar forma (ecualizar) el tramado para minimizar su audibilidad. Las técnicas de conformación de ruido re-ecualizan el espectro del tramado mientras mantienen su potencia media, eliminando de manera efectiva el ruido de las zonas en las que el oído es más sensible (alrededor de 3 kHz), y llevándolo a las zonas de alta frecuencia (10-22 kHz).

En la página siguiente hay un gráfico de la amplitud frente a la frecuencia, de una de las más exitosas curvas de edición del ruido, el tramado POW-R, tipo 3.

Esto es claramente un filtro de alto orden, que requiere considerables cálculos, con varias depresiones en las zonas en las que el oído humano es más sensible. Es la inversa de la curva en "F" de ponderación, que define el límite en los niveles bajos del oído humano. El resultado sonoro es un fondo increíblemente silencioso, incluso en un CD de 16 bits. El Capítulo 16 estudia estos efectos con más detalle.

Existen numerosos dispositivos para re-tramar y dar forma al ruido en el mercado. Se requiere una aritmética de muy alta precisión (de 56 a 72 bits) para calcular estos números aleatorios de manera justa. Una caja utiliza los recursos de un completo chip DSP, simplemente para calcular el tramado con una precisión aritmética de 72 bits. Los resultados sonoros de estas técnicas de conformación del ruido van de muy buenas a maravillosas. Las mejores técnicas son virtualmente inaudibles, todo el tramado de ruido ha sido empujado hacia las zonas de alta frecuencia, y entre -60 y 70 dB es inaudible. Los oyentes críticos se estaban quejando de que la elevación de alta frecuencia de las primeras curvas de edición de ruido cambiaban la tonalidad del sonido, lo que añadía un poco de brillo. Pero resulta que desde el punto de vista de la psicoacústica, es la forma de la curva de la banda media



La curva de conformación de ruido del tramado POW-R, tipo 3

la que afecta a la tonalidad, debido al enmascaramiento. Un par de los últimos y mejores tramados de edición de ruido son a mis oídos casi neutrales tonalmente. Ha costado mucho tiempo llegar hasta ahí (unos 10 años de desarrollo), pero tengo la impresión de que los mejores de estos procesadores producen un rendimiento de 19-20 bits en un CD de 16 bits, virtualmente sin ninguna alteración tonal o perdida de ambiente del origen de 24 bits.

Los editores de ruido del mercado incluyen: Lavry Engineering modelo 3000 Digital Optimizer, Meridian Model 618, Sony Super Bit Mapping (SBM), Waves L1 y L2 Ultramaximizers, Prism, POW-R, y otros.

Apogee Electronics produjo el **UV-22** system, como respuesta a las quejas sobre el sonido de los primeros sistemas de edición del ruido, y anunciando que el rendimiento de 16 bits es simplemente excelente. Ellos no utilizan la palabra "tramado" (como su ruido es periódico, prefieren denominarlo "señal"), pero a mí me huele a tramado. En vez de dar forma al ruido, el UV-22 añade un ruido, cuidadosamente calculado, hacia los 22 kHz, sin alterar el ruido de la banda media.

Pacific Microsonics ha creado el sistema **HDCD (disco compatible de alta definición, High Definition Compatible Disc)**, que incorpora uno de los mejores conversores A/D con un sistema de *codificación-decodificación.* Códigos especiales son escondidos en en el 16º bit (LSB) junto con el tramado estándar, estos códigos informan a los conversores D/A equipados en el HDCD como modificar su estructura de ganancia con el fin de producir una calidad de 20 bits o más, pero únicamente en el conversor A/D apropiado. Cuando no se utiliza un HDCD DAC, la calidad del sonido se reduce a la del CD estándar. Sin embargo, si el ingeniero de masterización manipula algunas características extras del sistema HDCD, conocidas como extensión del pico (*peak extensión*) y nivel bajo (*low level*), entonces la música suena comprimida en un reproductor de CD estándar y únicamente puede ser reproducida (sin compresión) en un reproductor HDCD/DAC. A pesar de su nombre, el HDCD, si es manipulado de modo agresivo, no es compatible con una reproducción profesional. La calidad de sonido del Pacific A/D es muy agradable, es una pena que la licencia requiera que todos los discos compactos creados con este conversor se codifiquen en HDCD, así

que legalmente no podemos escoger el tramado de otro fabricante con el A/D de Pacific.

Podemos de manera efectiva comparar el sonido y resolución de estas técnicas de re- muestro, llevando a cabo una prueba de s niveles bajo con la música. Introducimos simplemente música de nivel bajo de 24 bits (alrededor de -40 dB) en el procesador, y escuchamos la salida en un par de auriculares a una ganancia alta, con un conversor D/A de 16 bits de buena calidad, o con un D/A de mayor resolución a través de un dispositivo de truncamiento.[10] Las diferencias de sonido entre los sistemas pueden ser sorprendentes: algunos tendrán mucho grano, algunos mucho ruido, y algunos estarán distorsionados, indicando un tramado inadecuado o un cálculo pobre. Aunque el ganador de esta prueba será probablemente la mejor elección como procesador de tramado, escuche también la música a unos niveles de monitor normales, porque el efecto psicoacústico del tramado será diferente y el ruido de alta frecuencia menos molesto.

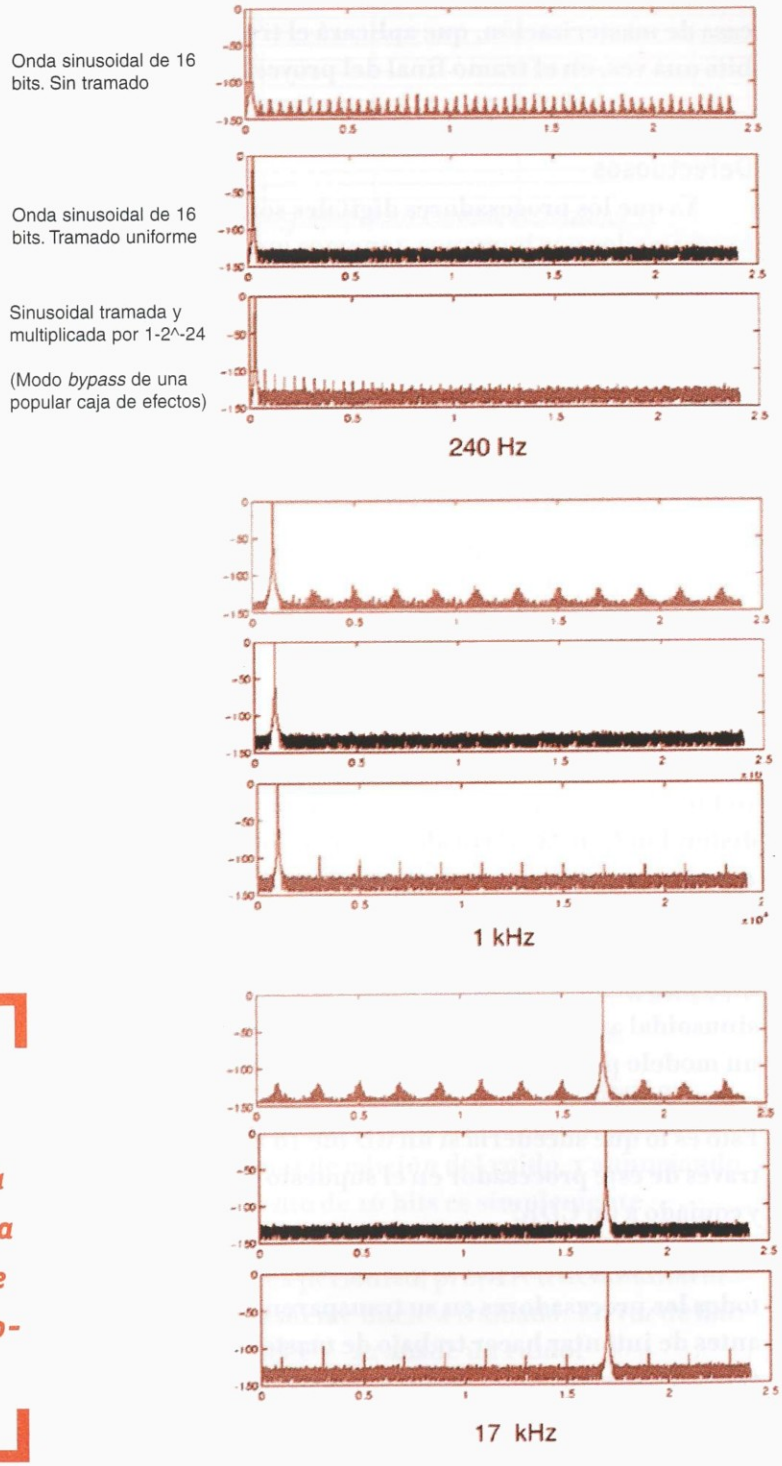
El Coste del Tramado Acumulativo a 16 bits

Como ya hemos visto, la amplitud medida del tramado de 16 bits es extremadamente baja, aproximadamente -91 dBFS. Pero un oyente entrenado no tiene que escuchar a un nivel muy alto para oír la degradación del tramado inadecuado. Cuando se conectan los procesadores, los DAWs o los mezcladores digitales a un medio con una longitud de palabra más corta, el tramado debería siempre ser aplicado a la salida del procesador porque el tramado siempre suena mejor que el truncamiento sin tramado.[11] Pero como el tramado a 16 bits añade un ligero velo al sonido[12] , por el tramado acumulativo a 16 bits, deberían evitarse generaciones múltiples de tramado de 16 bits: **re-tramar a 16 bits debería ser un proceso de una vez, final, del proyecto.** Mezcle a un medio con una longitud de palabra mayor y envíe ese archivo a la casa de masterización, que aplicará el tramado de 16 bits una vez, en el tramo final del proyecto.

Los Efectos de Sonido de los Procesadores Digitales Defectuosos

Ya que los procesadores digitales son ordenadores programados por humanos, tenemos que estar seguros de *Cuestionar la Autoridad*, no dando nunca por sentado los resultados de un procesador digital, o de cualquier DAW u ordenador que procese audio. Por ejemplo, cuando un software es modificado o actualizado, nunca deberíamos asumir que los fabricantes han encontrado todos los fallos y deberíamos asumir que pueden haber creado nuevos. Incluso deberíamos asegurarnos de que el modo BYPASS, que parece seductoramente sencillo, realmente produce copias verdaderas en *bypass*. La ilustración de la página siguiente (cortesía de Jim Johnston) muestra una serie de trazados FFT de una onda sinusoidal, ilustrando el tipo de productos de distorsión no lineal producidos por el truncamiento sin tramado. La fila superior es una onda sinusoidal de 16 bits sin tramado. Fíjese en los productos de la distorsión (puntas verticales a intervalos regulares, no relacionadas armónicamente con la onda origen). La segunda fila es aquella sinusoidal con tramado uniforme. Fíjese como ahora los productos de la distorsión han desaparecido. La fila inferior es la onda sinusoidal anteriormente tramada, pasada a través de un modelo popular de procesador digital con un conmutador BYPASS defectuoso, ¡y truncado a 16 bits! Esto es lo que sucedería si un CD (de 16 bits) creado a través de este procesador en el supuesto modo BYPASS, y copiado a un CDR!

Esta es la razón por la que deberían ser probados todos los procesadores en su transparencia de bit, antes de intentar hacer trabajo de masterización de calidad con estos procesadores conectados a la cadena de la señal.



IV. Algunos Ejemplos Prácticos y Directrices de Tramado

1) Cuando se reduce la longitud de palabra debe añadirse tramado. Ejemplo: De un procesador de 24 bits a un DAT de 16 bits.

2) Evite el tramar a 16 bits más de una vez en cualquier proyecto. Ejemplo: utilice almacenamiento intermedio de 24 bits, no almacene productos intermedios en grabadores de 16 bits.

3) La longitud de palabra se incrementa con casi cualquier cálculo DSP. Ejemplo: las salidas de las consolas digitales, los DAWs y procesadores serán de 24 bits incluso si usted parte de una fuente de 16 bits.

4) Cada "sabor" de tramado y cada manera de conformar el ruido suena diferente. Es necesario probar un "sabor" de tramado para determinar lo que es más apropiado para un tipo concreto de música. El tramado de sonido más transparente puede no ser apropiado para rock "*grunge*".

5) En cualquier proyecto la conversión de la tasa de muestreo debería ser la penúltima operación, y el tramado a la longitud de palabra menor debería ser la última. Puede darse tramado intermedio "entre bastidores", p. ej., de 48 a 24 bits antes de introducirse en un procesador. El truncamiento (sin tramado) a 24 bits suena mucho menos molesto al oído*[7] que el truncamiento a 16 bits.

6) Cuando se vuelcan pistas con una consola digital a un multipistas digital, trame el bus de mezclas a la longitud de palabra del multipistas. Si el multipistas es digital de 16 bits, esto es una violación del punto #2 de arriba, así que trate de evitar volcados, a menos que el multipistas sea de

MITO:
La expansión de la longitud de palabra de las muestras de 16 a 24 (o 32) mejora el sonido.

* A menudo, apenas audible.

20 bits (o mejor). Ejemplo: Usted tiene cuatro pistas de guitarras de la pista 5 a la 8, que usted quiere volcar en estéreo en las pistas 9 y 10. Tiene un multipistas digital de 20 bits. Debe tramar las salidas 9/10 de la consola a 20 bits. Si quiere introducir un procesador directamente conectado a las pistas 9 y 10, no trame la consola, simplemente trame el procesador a 20 bits.

Una complicación: los chips ADAT de ciertas tarjetas de interfaz de consola están limitados únicamente a 20 bits. Consulte al fabricante de su consola. Si el procesador tiene una autentica interfaz de 24 bits, pero la consola es solo de 20 bits, entonces necesita tramar la consola conectada al procesador a 20 bits ¡y una vez más tramar la salida del procesador para alimentar el multipistas! El resultado sonará ligeramente más cálido, más amplio, mas lleno.

V. Gestionando la Longitud de Palabra

Muchos ingenieros creen que expandir la longitud de palabra de las muestras existentes en una estación de trabajo, mejora el sonido. Esto es incorrecto. El sonido nunca puede conseguir mayor resolución de que fue originalmente codificada. A pesar de la longitud de palabra de la muestra de origen, la estación de trabajo siempre calculará a su máxima precisión, añadiendo efectivamente ceros al final de cualquier palabra más corta para facilitar el cálculo (los ceros introducidos no cambian el valor original). En otras palabras, muestras de 16, 24 y 32 bits pueden coexistir en una estación de trabajo bien diseñada, y cuando se llevan a cabo los cálculos, todas las muestras se multiplicarán por la longitud de palabra más larga. Así, hay incluso una ventaja en volcar una sesión de 16 bits a 24 bits, incluso si todas las fuentes estaban a 16 bits. La diferencia sonora puede ser sutil o importante dependiendo de la calidad de las fuentes. En el momento de escribir esto, dos estaciones de trabajo (Pro Tools y Digital Performer) no permiten utilizar diferentes longitudes de palabras de origen en la misma lista de reproducción, debido a cierto tipo de limitación de su arquitectura. Esto es un gran inconveniente, y un gasto de tiempo y espacio, porque todo lo que hacen para convertir los ficheros es añadir ceros de relleno. Quizás debido a este inconveniente, ninguna de estas estaciones de trabajo es utilizada habitualmente por los ingenieros de masterización, que mezclan habitualmente longitudes de palabras en la misma sesión.

Auto-tramado

Nosotros a menudo tenemos que combinar música previamente masterizada y música tramada con nuevo material. Si es posible, intentaremos evitar el tramado acumulativo a 16 bits, pasando la fuente ya pasterizada, sin modificar, al medio de salida. Hay un par de maneras de realizar esto. La primera es utilizando **auto-tramado a través de la longitud de palabra de origen.** Las estaciones de trabajo de Sonic Solutions antes de HD tenían esta útil función incorporada; en otras palabras, si la longitud de palabra de origen es igual o más corta que la longitud de palabra de destino, entonces el generador de tramado se apaga automáticamente. En este momento, solo conozco un modelo de procesador de tramado externo que cuente con esta función: el **Prism AD-2.** En ausencia del Prism, o si preferimos otro tipo de tramado, entonces podemos enrutar el material ya masterizado a otro flujo de DAW, directo a la salida y evitando el generador de tramado. Hay otros tipos de **auto-tramado,** incluyendo el **auto-negro** que desconecta el tramado, si el nivel del audio de origen desciende a un cierto umbral durante un periodo de tiempo, útil si el productor insiste en un silencio total entre fragmentos.

MITO:
No puede mezclar longitudes de palabra de la fuente en una única sesión de la estación de trabajo.

1 En la práctica, es más que simplemente el LSB lo que se ejercita. Pueden ser todos los bits. En base 10, si sumamos dos números, y la suma es mayor que 9, tenemos que llevar. En base 2, tenemos que llevar y si el siguiente digito a la izquierda más importante no es un cero, tenemos que continuar llevando hasta que el siguiente digito mayor sea cero y se transforme en un 1. En complemento de 2, la suma de tramado en el nivel LSB afectará a los valores de muchos dígitos, incluyendo el MSB, ya que el número cambia la polaridad entre negativo y positivo. Puede ver esto en un bitscope, que parece mostrar dos valores a la vez porque los números están siempre cambiando con la adición de tramado.

2 Más exactamente, bajo la base de codificación de cualquier longitud de palabra concreta. En otras palabras, si hacemos tramado a 20 bits, cuyo rango de codificación es 120 dB, podemos codificar señales bajas por debajo del límite de -120 dB. O si hacemos tramado a 8 bits, podemos codificar señales de bajo nivel por debajo del límite normal de 8 bits de -48 dBFS.

3 El ruido base es aumentado 4,77 dB para ser exactos. Esta es la menor cantidad de ruido necesaria para tramar adecuadamente una señal de audio digital y eliminar toda la distorsión posible. La distribución estadística del ruido debe ser de probabilidad triangular. Puede leer sobre las matemáticas que hay detrás de esto en los artículos de Lipshitz y Vanderkooy, además de en los trabajos de BartLocanthi.

4 Cuando escribí un artículo sobre el tramado alrededor de 1993, la situación era mucho peor. Hoy, solo los más cabezotas, ignorantes, o simplemente los fabricantes de consolas baratas, ignoran la necesidad de volver a tramar en sus productos. Y los fabricantes más conscientes han empezado a tramar la longitud de palabra interna (p. ej. 48 bits) hasta 24 en vez de truncarla en el bit 24, lo que produce una mejora de sonido extremadamente sutil.

5 Para señales que están correlacionadas, la formula es cambio en dB = 20 * log (ratio). Por ejemplo, si bajamos el nivel a un ratio de 1/2... cuyo logaritmo es -0,3010 y después lo multiplicamos por 20, el resultado aproximado es -6 dB (6 dB abajo), al decibelio más cercano. Fíjese en la utilización de la palabra aproximado, y si, el grado de exactitud utilizado en estos cálculos afecta a la calidad de nuestro audio.

6 Para ser exacto, el bajo nivel (ambiente) de información que estaba presente en la longitud de palabra original, está ahora repartido de manera proporcional a lo largo de una longitud de palabra mucho mayor.

7 Para explicarlo de otra manera, el ruido de tramado a -139 dBFS se acumula muy lentamente antes de poder ser audible, o interferir con el ambiente audible. En este nivel tan sutil, es en el efecto acumulativo de múltiples tramados (o la falta de los mismos) cuando los procesos se encadenan. Yo recomiendo tramar todas las reducciones de longitud de palabra, incluso las reducciones intermedias de 48 a 24, por ejemplo, porque a medida que el material es procesado, las distorsiones previas debidas al truncamiento empiezan a amplificarse y se convierten en audibles en forma de aspereza del sonido. Esta es la razón por la que yo inserto un generador de tramado de 24 bits en mi estación de trabajo SADiE, cuando se introducen procesadores externos de 24 bits. Las estaciones de trabajo de Sonic Solutions realizan esta tarea automáticamente, de modo transparente para el usuario. Los ecualizadores de Z-Systems proporcionan un tramado opcional en el 24º bit, que debería ser engranado durante el procesamiento. Los procesadores Weiss siempre traman cuando se ajustan a una longitud de palabra de salida de 24 bits, no es una opción ajustable por el usuario.

8 De acuerdo con Jim Johnston, hay varias formas de truncamiento, según el ordenador y el lenguaje que se utilice, ¡y ninguna de ellas es buena!

9 Chesky JD111, disponible en las grandes cadenas de discos o a través de Chesky Records, Box 1268, Radio City Station, New York, NY 10101, 212-586-7799 (yo mismo produje este disco). El difícil de encontrar CBS CD-1, pista 20, también contiene una prueba de fundido a ruido.

10 Puede utilizar una maquina DAT en E-E (*Electronics to Electronics*) para truncar la señal, pero tenga cuidado, ¡algunos modelos de DAT de hecho pasan 24 bits a través de un E-E!

11 A menos que este buscando específicamente *grunge*, y un tipo concreto de *grunge* en esto. Ya que la distorsión inarmónica causada por la cuantización es muy poco musical al oído. Muy diferente a subir el amplificador de una Marshall hasta el 11, por ejemplo. Yo produciré mi *grunge* a mi anticuada manera analógica, ¡sino le importa! En otras palabras, si un tipo concreto de música esta diseñado para ser agresivo, *en su cara*, todavía sonará mejor si esa agresión se obtiene con una combinación de alta resolución, tramado de sonido puro (tipo analógico), y circuitería de distorsión que produce distorsión musicalmente armónica. Véase el Capítulo 16 para más información sobre este tema.

12 Ya que el ruido de base de la cinta analógica es mucho más elevado que el del tramado, muchos argumentarían que varias generaciones de tramado de 16 bits de alrededor de -91dBFS deberían ser inapreciables. Yo creo que depende del material. Un material puro y cristalino, grabado digitalmente puede sonar velado cuando se "sobre trama". Pero cierto tipo de rock and roll suena mejor con mucho ruido, o con un tramado plano en vez de tramado con ruido conformado. Y continúa el argumento psicoacústico, ¡que es por el que tenemos oídos para establecer valoraciones!

Capítulo 5

Decibelios Para Torpes

I. Introducción

Este capítulo resume la aproximación de finales del siglo XX para medir y nivelar, puede ser leído como un prefacio del Capítulo 15, en el cual llevamos estos conceptos al siglo XXI. En el siglo XX, debido la utilización de medios de grabación con una pobre tasa señal/ruido (SNR), los ingenieros estaban a menudo preocupados por los picos de señal y por mantener la calidad a través de la maximización de los niveles. Con la llegada de la grabación de 24 bits, el SNR de nuestros medios ya no es un problema, pero para nosotros es todavía crucial comprender lo que las escalas en decibelios de nuestros contadores nos están realmente diciendo.

Así que muchos de nosotros damos por hecho nuestros contadores, después de todo, grabar es tan simple: *todo lo que tienes que hacer es poner el pico a o dB y ¡nunca pasará por encima!* Pero las cosas solo parecen tan simples hasta que descubres una máquina que dice que una grabación alcanza un pico de -1 dB, mientras otra maquina muestra un nivel *OVER*, e ¡incluso tu estación de trabajo te dice que alcanza justo los o dB! Necesitamos explorar los conceptos del *OVER* digital, el techo dinámico analógico y digital, los medidores de los equipos, la escala de ganancia, el volumen, la tasa señal/ruido y mirar con ojos nuevos las prácticas habituales de grabación y calibración de niveles.

II. Medidores Digitales e Indicadores *OVER*

Los fabricantes de grabadoras empaquetan mucho en una pequeña carcasa, lo que a menudo compromete el diseño de los medidores para recortar los costes de producción. Unos cuantos aparatos tienen incluso medidores que son controlados por circuitería analógica, una fuente definitiva de inexactitudes.

Incluso los fabricantes que controlan sus medidores de manera digital (por los valores de los números de muestreo) reducen costes poniendo grandes huecos en la escala de medida (evitando los caros segmentos iluminados). El resultado es que puede haber un punto de -3 y uno de 0 dB, con una enorme y poco útil tierra de nadie en el medio. El fabricante puede pensar que le está haciendo un favor al hacer que el medidor lea 0 si el nivel real está entre -1 y 0, pero incluso si el medidor tiene un segmento para cada decibelio, cuando llega el momento de la reproducción, el aparato no puede decir la diferencia entre un nivel de 0 dBFS (FS = *Full Scale*, Escala Completa) y un *OVER*.

Mientras una señal analógica original puede exceder la amplitud de 0 dB, cuando esa grabación es reproducida, no habrá ningún nivel por encima de 0, lo que produce una onda cuadrada distorsionada. Este diagrama muestra una señal positiva, pero lo mismo es verdad en el final negativo.

MITO:
La luz roja apareció cuando estaba grabando, pero cuando lo volví a reproducir, no salió ningún over, así que pensé que estaba correcto.*

Esto es porque una vez que la señal ha sido grabada, no puede exceder la escala completa otra vez, tal y como se ilustra debajo.

Un modo de que una señal vaya por encima del *OVER* es durante la grabación desde una fuente analógica. Un temprano indicador de aviso es un sensor de nivel en el convertidor A/D, controlado por la porción analógica de la señal, que provoca que el indicador de *OVER* se ilumine si el nivel analógico es mayor que el voltaje equivalente a 0 dBFS. Si el nivel de grabación analógica no es reducido, se grabará entonces un nivel máximo de 0 dB a lo largo de la duración de la sobrecarga, lo que produce una distorsionada onda cuadrada.

Después de que la señal ha sido grabada, distinguir entre una grabación a escala completa y una que realmente ha llegado al *OVER* requiere más inteligencia del medidor de lo que haya visto nunca en un aparato típico o en un DAW. Cuestionaría al fabricante del aparato si el indicador de *OVER* se iluminara en la reproducción, es probablemente un simple detector de 0 dB más que un indicador de *OVER*. Existen medidores digitales de picos calibrados, más sofisticados, como aquellos de Dorrough, DK, Mytek, NTT, Pinguin, RTW, Sony y otros, cada uno con características únicas (lo que incluye tiempos personalizados de bajada y escalas de medida), pero todos los buenos medidores coinciden en una cosa: la definición del nivel de medición más alto del audio digital. Un autentico medidor de audio digital lee el código numérico del audio digital, y lo convierte a una lectura exacta.[1]

La paradoja del OVER digital

Un medidor de audio digital bien diseñado puede realmente distinguir entre odBFS y un *OVER*. Pero si los niveles digitales del medio no pueden exceder 0 dB, ¿cómo puede el medidor distinguir un *OVER* **después** de realizada la grabación? La respuesta es que un medidor digital especializado determina un *OVER* por el recuento del número de muestras de una fila a 0 dB. El estándar de *OVER* del Sony 1630 son tres muestras contiguas, porque es justo asumir que el nivel del audio analógico debe haber excedido 0 dB en algún sitio entre el número de muestra 1 y el 3. Tres muestras es un estándar conservador, la mayoría de los expertos consideran que la distorsión debe durar solo 33 **microsegundos** (tres muestras a 44,1 kHz) para ser

* Contribución de Lynn Fuston.

inaudible. Según la naturaleza de la música, la distorsión que dura 1 ó 2 **milisegundos** es probablemente inaudible. Así que, en tasas altas de muestreo, donde pasan muchas más muestras en un corto periodo de tiempo, pueden darse una opción para contar muchas más muestras continuas de escala completa, antes de avisar al operador. Los fabricantes de medidores digitales proporcionan a menudo la posibilidad de ajustar el umbral del *OVER* a 4, 5 ó 6 muestras continuas, pero es mejor pecar de conservador, y dejar que el medidor le avise antes de que pueda ocurrir un problema. Si usted se ajusta al estándar de 3 muestras, probablemente escuchará *OVER*s audibles. Pero espere, ¡estoy a punto de recomendar porque usted debería hacer las mezclas a niveles de pico incluso inferiores!

La Utilización de Convertidores A/D o Procesadores Externos

No existe un estándar para comunicar *OVER*s en una línea AES/EBU o S/PDIF. Así que si usted esta utilizando un convertidor A/D externo, el indicador OVER del grabador probablemente no funcionará de manera correcta, si es que lo hace. Algunos convertidores A/D externos no tienen indicadores de OVER, así que en este caso, no existe sustituto para un medidor exacto externo, sin uno yo recomendaría no exceder -1 dB. Ya he recibido unas cuantas cintas sobrecargadas, que fueron originadas por un convertidor externo A/D que no estaba equipado con un indicador de sobrecarga.

Al hacer una grabación digital a través de un procesador digital, se dará cuenta de que la mayoría no tienen medidores exactos. El ecualizador o las secciones de filtros pueden originar *OVER*s ¡incluso al disminuir los niveles! Contrariamente a la creencia popular, un *OVER* puede generarse incluso si se ajusta un filtro para atenuar en vez de realzar, porque los filtros pueden sonar, también pueden cambiar el nivel de pico, al mismo tiempo que el equilibrio de frecuencias se desvía. Los procesadores digitales pueden también sobrecargarse internamente de una manera indetectable por un medidor digital. Las etapas internas pueden "envolverse" cuando se sobrecargan, sin transferir *OVER*s a la salida. En esos casos, un medidor digital no es un detector de *OVER* a prueba de tontos, y no existe sustituto para el oído, pero un buen medidor digital captará la mayoría de las transgresiones. Cuando oye o detecta una sobrecarga de un procesador digital, intente utilizar el atenuador de la entrada del procesador digital, o simplemente atenué su salida si esta seguro de que el procesador tiene un techo dinámico suficiente, lo que se explica más tarde en este capítulo.

Medidores Sobremuestreados: Incluso Más Sofisticados

Leer el simple código numérico del flujo digital puede no ser suficiente para detectar *OVER*s en los convertidores que reproducen esa señal. Durante la conversión de PCM digital a analógico, el filtrado de paso bajo incorporado origina picos ocasionales **entre las muestras** que son mayores que el nivel medido del flujo digital, o incluso mayor que la escala completa. **Los diseñadores digitales saben desde hace años que el nivel de salida real del audio de un convertidor D/A puede exceder o dBFS,** pero pocos han tenido esto en cuenta en el diseño. TC Electronic ha llevado a cabo tests en los típicos convertidores D/A de consumo,[2] demostrando que muchos de ellos distorsionan gravemente, ya que sus filtros digitales y fases de salida analógica ¡no tienen el techo dinámico para soportar niveles que excedan los o dBFS! Además de los D/A, ciertos elementos de procesamiento de la cadena de la señal pueden provocar distorsión con picos de entre muestreo, incluyendo convertidores de tasa de muestreo y ecualizadores digitales, como acabamos de

explicar. Picos de +0 dBFS pueden alcanzar hasta +3 dBFS con ciertos tipos de señales, lo que esto significa es que para hacer las grabaciones más limpias y estar completamente seguro, ¡usted no debería nunca exceder -3 dBFS en un único medidor digital (sin sobremuestreo)! Para hacer una demostración del problema y aunque esto va en contra de la *sabiduría* clásica, TC ha desarrollado un limitador de sobremuestreo y un medidor especial de pico de sobremuestreo en el System 6000.

La Práctica de Niveles Seguros

Aunque para su desgracia no ha habido estudios psicoacústicos, los picos de entre muestreo de +0 dBFS provocan que algunos de los siguientes circuitos de procesamiento persistan y extiendan la distorsión, lo que hace que el post-procesamiento y la radiodifusión sean seriamente problemáticos. [3] Y algunos oyentes críticos hablan de mejoras cuando los *OVER*s medidos de entre muestreo son eliminados. Tiene sentido para los ingenieros de producción **la práctica de los niveles seguros durante la grabación y las mezclas,** manteniéndose alejados de los 0 dBFS en un medidor de pico estándar y dejar la decisión de si (y cómo) subir los niveles de la suite de masterización, donde tomamos una decisión bien fundamentada. Los ingenieros de masterización, si maximizan los niveles, deberían al menos utilizar un medidor que cuente los *OVERs*, además de un limitador digital cuyo techo se establece en -0,2 dB (véase capítulo 10)[4] pero preferiblemente un limitador de sobremuestreo y un medidor sobremuestreado (para prevenir problemas de superposiciones con los DAC y el procesamiento para radio). El recorte de cualquier tipo debe ser evitado especialmente si una grabación va a sufrir más procesamiento, tal y como se demuestra en el Apéndice 1.[5]

"Tendría que disminuir el nivel de pico de una grabación de 24 bits alrededor de 48 dBs para producir una grabación efectiva de 16 bits!"

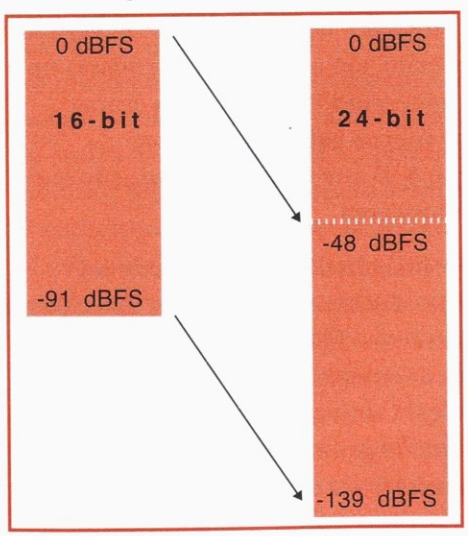
MITO DE LA ELIMINACIÓN DEL RECORTE MÁGICO:
Reduzca el volumen después de recortar y el recorte desparecerá.

El Mito de la Eliminación del Recorte Mágico

Si el nivel es disminuido tan poco como 0,1 dB, entonces una grabación puede estar llena de *OVERs* que no se pueden medir como *OVERs*. Pero esto no elimina el recorte o la distorsión, simplemente previene que salte el medidor. Algunos ingenieros de masterización recortan gravemente la señal y después dejan caer el nivel ligeramente, para que los medidores no muestren ningún *OVER*. Esta práctica, conocida como **SHRED,** produce grabaciones muy fatigantes (y en potencia similarmente aburridas). [6]

Práctica de Nivel de Pico para una Buena Grabación de 24 bits

EAunque la grabación de 24 bits es ahora la norma, algunos ingenieros mantienen la costumbre de tratar de tocar la parte superior de los medidores, lo que es totalmente innecesario, tal y como se ilustra a la izquierda. Fíjese que una grabación de 16 bits encaja enteramente en la parte inferior



Una grabación de 24 bits tendría que disminuir su nivel alrededor de 48 dBs para reducirla a un SNR de 16 bits. Los ruidos de base mostrados llevan un tramado plano.

de 91 dB de la de 24 bits. Usted tendría que disminuir el nivel de pico de una grabación de 24 bits alrededor de 48 dB ¡para producir una grabación efectiva de 16 bits! Así que hay mucho espacio en la zona inferior, y no perderá nada de rango dinámico si usted lleva el pico a -3 dBFS o incluso tan bajo como -10 dBFS; acabará con una grabación más limpia. La distorsión se acumula,[7] y en el estudio de masterización, una grabación digital demasiado caliente puede producir la sobrecarga de un ecualizador digital o de un convertidor de tasa de muestreo. Una mezcla digital que alcanza un nivel máximo de -3 dBFS o inferior es más fácil ecualizar y también de procesar sin la necesidad de una etapa extra de atenuación en la masterización.

Un número de A/Ds de 24 bits anuncian *techo dinámico adicional* a través del empleo de un compresor incorporado en la parte superior de la escala. Tal y como hemos visto, no existe una mejora audible en el SNR por la maximización de una grabación de 24 bits y no hay una ventaja en el SNR en la compresión de los niveles con un buen A/D de 24 bits.

¿Qué volumen tiene?

En contra de la creencia popular, los niveles de un medidor de pico digital no tienen (casi) nada que ver con el volumen. Por ejemplo, usted está haciendo una grabación directa a dos pistas (¡algunos ingenieros todavía trabajan de esta manera!) y ha encontrado la mezcla perfecta. Quite ahora sus manos de los potenciómetros, y deje que los músicos hagan una toma perfecta. Durante la toma uno, la actuación alcanza -4 dB en el medidor, y en la toma dos, alcanza 0 dB en un breve momento durante un golpe de caja. ¿Quiere decir esto que la toma dos tiene más volumen? Si usted ha respondido "ambas tomas tienen aproximadamente el mismo volumen," tiene probablemente razón, **porque en general, el oído responde a los niveles medios, no a los niveles superiores cuando juzga el volumen.** Si usted sube la ganancia general de la toma uno alrededor de 4 dB, para que alcance también un nivel de pico de 0 dBFS, ahora sonará 4 dB más alto que la toma dos, incluso ahora que ambos miden lo **mismo** en el medidor de pico.

No confunda los medidores de lectura de pico en los grabadores digitales con los vúmetros. Además de tener una diferente escala, un vúmetro tiene un tiempo de ataque mucho más lento que un medidor de pico digital. En el Capítulo 15 explicaremos el volumen con más detalle, pero podemos resumir ahora diciendo que el vúmetro responde de una manera más cercana a la respuesta del oído. Para juzgar el volumen, si todo lo que tiene es un medidor de pico, utilice sus oídos. Si usted tiene un vúmetro, utilícelo como una guía, no un absoluto, porque es todavía bastante inexacto.

¿Sabía que una cinta analógica y una grabación digital con el mismo origen suenan de manera muy diferente en términos de volumen? Haga una grabación de cinta analógica y una grabación digital de la misma música. Pase la grabación analógica a digital, llevando el pico al mismo nivel de pico que la grabación digital. La mezcla analógica sonará unos 6 dB más alto que la grabación completamente digital, ¡lo que es bastante diferencia! Esto es porque la tasa de pico a medio de una grabación analógica puede ser como mucho 12-14 dB, si los comparamos con los como mucho 20 dB de una grabación digital sin comprimir. El compresor incorporado de la cinta analógica es un medio para obtener grabaciones de sonido más alto (¡ups!, ¿acabo de revelar un secreto?).[8] Esta es la razón por la que los productores pop que graban digitalmente pueden tener que comprimir o limitar, para competir con el volumen de sus contrincantes analógicos.

MITO:
La Normalización Hace que los Niveles de la Canción sean Correctos

Los Mitos de la *Normalización*

El Mito Estético: Los programas de edición de audio digital poseen una característica denominada **Normalización,** un método semiautomático de ajuste de niveles. El ingeniero selecciona todos los segmentos (canciones), y el ordenador se lo *empolla,* buscando el pico más alto del álbum. Entonces el ordenador ajusta el nivel de todo el material hasta que el pico más alto alcanza 0 dBFS. **Si todo el material es normalizado en grupo de una vez,** esto no es un problema estético serio, mientras todas las canciones hayan sido elevadas o disminuidas en la misma cantidad. Pero es también posible seleccionar cada canción y *normalizarla* de manera individual, lo que es parte del mito estético, algo que realmente no se debe hacer. Si está realizando un álbum, nunca normalice canciones individuales, ya que el oído responde a los niveles medios, y la normalización mide los niveles de pico, con lo que el resultado puede distorsionar totalmente los valores de la música. ¡Una balada comprimida finalizaría con más volumen que una pieza de rock! En pocas palabras, **la normalización no debería utilizarse para regular los niveles de las canciones en un álbum.** No existe sustituto para el oído humano, y actualmente no existe inteligencia artificial que lo haga tan bien.*

El Mito Técnico: Es también un mito que la normalización mejore la calidad del sonido de una grabación; de hecho, solo puede degradarlo. Técnicamente hablando, la normalización solo añade unos cálculos que degradan más y que dan como resultado distorsión de cuantización. Y como el material ya ha sido mezclado, ya ha sido también cuantizado, lo que predetermina su relación señal ruido, el SNR de la grabación no puede ser mejorado más si lo elevamos. Déjeme repetir: La elevación de los niveles del material no cambiará su inherente relación señal ruido, sino que solo añadirá más distorsión de cuantización en un paso innecesario. **Si el material va a ser masterizado, no normalice,** ya que el ingeniero de masterización realizará de todos modos más procesamiento.[9]

Juzgar el volumen de manera correcta

Como el oído es el único juez del volumen, ¿no existe ningún otro modo objetivo de determinar a que volumen sonará su CD? La primera clave es utilizar un único convertidor D/A para reproducir todas sus fuentes digitales y mantener unos ajustes fijos en la ganancia de su monitor. De este modo, puede comparar su CD *mientras se hace* con otros CDs, en el campo digital. Juzgue los DATs, estaciones de trabajo de CDs, y procesadores digitales a través de este único convertidor.

III. La Calibración de los Niveles del Estudio: Techo dinámico y Almohadilla

¡Proteger su A/D y su mezcla del recorte no sirve de nada si su consola analógica, los preamplificadores o los procesadores están distorsionando delante del A/D! Como los ingenieros de masterización habitualmente encadenan múltiples piezas de equipamiento, es importante comprender como optimizar los niveles analógicos, la distorsión y el ruido, cuando se hacen cadenas de señal delante de su convertidor A/D. De manera ostensible, un típico aparato analógico equilibrado tiene un nivel *nominal* de +4 dBu (0,775 voltios[10] de referencia, que produce 1,23 voltios con onda sinusoidal). Desgraciadamente, no todo el equipamiento analógico se crea del mismo modo, y +4 dBu puede ser una elección incorrecta del nivel de referencia. Yo utilizo el término *nominal* para referirme al nivel medio de voltaje que corresponde con 0 VU, típicamente 20 dB por debajo de la escala completa digital (0 dBFS). Necesitamos examinar algunos factores que se pasan fácilmente por alto, al decidir un nivel analógico (voltaje) interno estándar.

* Cuando un cliente me pregunta si *normalizo,* yo respondo que nunca utilizo el método de normalización automático del ordenador, sino que a menudo a las canciones se les ajustan los niveles de oído. Evito el términonormalización porque ha sido mal utilizado.

Un factor es el punto de recorte de las consolas y del equipo periférico. Antes de la llegada de las consolas baratas de 8 buses, la mayoría de los puntos de recorte de las consolas profesionales eran de +24 dBu o más alto. Pero un compromiso frecuente en el diseño de consolas de bajo precio es la utilización de circuitos internos, que recortan al principio alrededor de +20 dBu (7,75 voltios). Esto puede ser un gran impedimento para limpiar el audio, especialmente cuando los amplificadores se unen en cascada. Para evitar la *tensión de estado sólido*, que es el fastidio de gran parte de los equipos modernos, el nivel *mínimo* de recorte, de cada amplificador en un sistema, debería ser de 6 dB por encima del nivel potencial de pico de la música. La razón: Muchos amplificadores operacionales y otros circuitos de estado sólido muestran un incremento extremo de la distorsión, mucho antes de alcanzar el actual punto de recorte, a medida que cambian de la operación de clase A, a la de clase AB. Esto significa que el punto de recorte ¡debería estar al menos +30 dBu (24,5 voltios RMS) si 0 VU es +4 dBu!

¡Nunca tiene suficiente altura!

Un montón de diseños de estado sólido comienzan a sonar bastante desagradables, cuando se utilizan cerca de su punto de recorte.[11] Siendo el resto igual, el amplificador con el punto de recorte más alto sonará mejor. Quizás esta es la razón por la que el equipamiento de tubo (con su suministro de 300 voltios B+ y techo dinámico de 0 dB o mayor) tiene a menudo una *buena* reputación, y los equipos de estado sólido con un inadecuado suministro de potencia o altura cuentan con *mala* fama. La mayoría del equipamiento del estado sólido de *sonido robusto* que yo conozco, utiliza vías de suministro de muy alta potencia (pero muy caros).

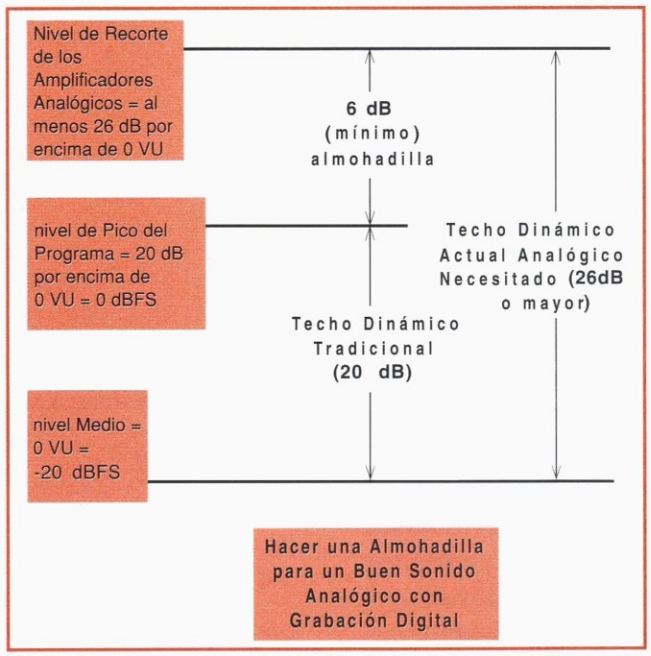
Tradicionalmente, la diferencia entre el nivel de medio y el punto de recorte se ha denominado techo dinámico (*headroom*), pero con el fin de enfatizar la necesidad de un mayor techo dinámico que la cantidad tradicional, denominaré al espacio entre el nivel de pico de la música y el punto de recorte del amplificador una *almohadilla*. Con la cinta analógica, una referencia de 0 VU de +4 dBu con un punto de recorte de +20 dBu, proporciona una razonable techo dinámico de amplificador, porque las tasas musicales pico a medio fueron reducidas al punto de compresión de la cinta, que llega a un máximo de alrededor de 14 dB por encima de 0 VU. En vez de recortar, la curva gradual de saturación de la cinta analógica produce terceros y segundos armónicos, mucho más agradables para el oído que las más elevadas distorsiones de orden del recorte del amplificador de estado sólido.

Pero es una historia diferente cuando las tasas pico a medio de las pistas, sin procesar, de audio digital pueden ser 20 dB. Añadir 20 dB a una referencia de +4 dBu da como resultado +24 dBu, lo que está más allá del punto de recorte de muchas piezas de equipo presuntamente *profesionales*, por lo que de este modo no deja sitio para una *almohadilla*. Si adapta una salida activa balanceada a una entrada sin no balanceada, el punto de recorte se reduce unos 6 dB, con lo que la situación resulta proporcionalmente peor.[12] Las consolas de salida dual que están diseñadas para trabajar tanto a niveles profesionales como semiprofesionales, pueden ser particularmente problemáticas. Para alcanzar los objetivos de precios, los fabricantes efectúan a menudo concesiones en el techo dinámico (*headroom*) en el modo profesional, ¡haciendo que el supuesto modo semiprofesional suene más limpio! Es una sorpresa desagradable descubrir que muchas consolas recortan a +20 dBu, lo que quiere decir que no deben estar utilizando un nivel profesional de referencia de +4 dBu (techo dinámico de solo 16 dB y ninguna almohadilla). Incluso si la consola recorta a +30 dBu (el punto mínimo de recorte que yo recomiendo), que deja solo

MITO:
+4 dBu es siempre el mejor nivel para usar 0 VU con una electrónica analógica balanceada.

una almohadilla de 6 dB al reproducir música con una tasa pico a medio de 20 dB. Esta es la razón por la que más y más equipos profesionales de gama alta tienen puntos de recorte tan altos como +37 dBu (¡55 voltios!). Para obtener esta especificación, un amplificador debe utilizar dispositivos de salida muy altos y fuentes de alimentación de alto voltaje. La traducción, esto es, un mejor sonido (siendo el resto igual), y también un mayor coste debido a la necesidad de fuentes de alimentación y dispositivos más robustos.

Estos robustos *drivers* de salida que tienen este tipo de techo dinámico suenan mejor si pueden transportar un limpio nivel alto a una carga de 600 ohmios, lo que quiere decir que probablemente pueden manejar líneas largas de cable con sus cargas altas de capacitancia. Las líneas largas deberían ser probablemente equilibradas, pero desde que muchos estudios de masterización tienen pequeñas áreas de bucles de masa, a menudo utilizamos equipo hecho a medida no balanceado, que a menudo tiene una circuitería más sencilla y silenciosa.

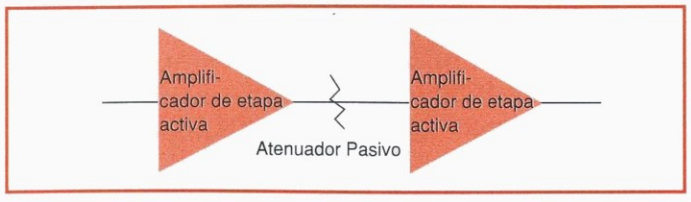


Uno de los errores más comunes de los fabricantes de equipos digitales es asumir que, si la señal digital se *recorta* a 0 dBFS, entonces es correcto instalar una etapa (barata) analógica de salida, que se recortaría a un voltaje equivalente a, digamos, 1 dB más alto. Esto casi garantiza un convertidor o grabador, de sonido desagradable, porque la falta de almohadilla en su sección analógica de salida y el potencial de niveles de 0 dBFS+.

¿Cómo podemos aumentar la almohadilla en nuestro sistema, a menos que reemplacemos todos nuestros amplificadores de distribución y consolas con unos nuevos? Una manera de solucionar el problema es recalibrar todos los vúmetros. No se perderá de manera significativa SNR si establecemos que 0 VU = 0 dBu o incluso -4 dBu (no es un estándar internacional, sino un compromiso decoroso si no queremos tirar nuestro equipo), y las cosas sonarán más claras en el estudio. Una vez que hemos decidido un nivel analógico de referencia estándar, calibramos todos los vúmetros controlados analógicamente a este nivel. A la izquierda hay un diagrama que describe el concepto de *almohadilla.*

IV. Orquestación de la Ganancia - Analógica y Digital

En el dispositivo superior, la señal entra en un atenuador pasivo y sale a través de un amplificador de etapa activa. Este circuito efectivamente tiene un techo dinámico de entrada infinito. El techo dinámico del dispositivo de entrada inferior está determinado por el techo dinámico del amplificador de entrada.



Cadenas de Señal Analógica

Ahora que sabemos como escoger un nivel analógico, es el momento de encadenar nuestros equipos. Para realmente tener controlado nuestro equipo, deberíamos determinar su estructura interna.

Las figuras superiores representan dos estructuras internas posibles. Todas las estructuras son variaciones de este tema.

Para comprobar de manera apropiada los dispositivos analógicos y determinar su ganancia interna, utilice un buen y limpio sistema de control, un osciloscopio, un voltímetro digital y un generador de onda sinusoidal que pueda transportar un limpio +24 dBu o superior (un requerimiento difícil en sí mismo). El primer tipo de dispositivo tiene un atenuador pasivo en su entrada, lo que quiere decir que podemos alimentar cualquier señal de entrada razonable sin miedo de sobrecarga. Podemos probar esto subiendo el generador y disminuyendo el atenuador, si el nivel de salida nunca se recorta dentro de un rango razonable del generador, entonces el dispositivo debe tener un atenuador pasivo en su entrada. Entonces, desconectamos el generador y escuchamos a la salida del dispositivo, mientras subimos y disminuimos el atenuador. Debería no haber cambio en el ruido o el siseo, y el ruido de salida debería encontrarse bastante por debajo de -70 dBu sin ponderar, preferiblemente por debajo de -90dBu con coeficiente de Ponderación A. Esto es también una indicación de que el dispositivo tiene un atenuador pasivo en su entrada. Si el ruido de salida cambia significativamente en las posiciones intermedias del atenuador, entonces las impedancias internas del circuito se ponen en cuestión, o podría haber cierto desplazamiento DC. El ruido de salida de este dispositivo será limitado por el ruido base de su amplificador de salida. Determinamos el mejor **nivel nominal de funcionamiento** de este dispositivo tomando el punto de recorte de salida y restamos al menos 26 dB para techo dinámico (*headroom*) y almohadilla.

El segundo tipo de dispositivo de salida es una etapa activa de amplificador, cuyo diseño es mucho más crítico. Es muy raro encontrar un dispositivo de estado sólido construido de un modo que no recorte con una entrada > +24 dBu. Mientras se aumenta el generador de la señal, disminuya el atenuador para mantener la salida lejos de la sobrecarga. Si escuchamos recorte antes de que el generador alcance +24 dBu, entonces el dispositivo cuenta con un débil recorrido interno de la señal, que debería encontrarse al menos 26 dB por debajo de este punto de recorte. Entonces, para comprobar si la estructura interna de ganancia del dispositivo se encuentra bien balanceada, vemos si la etapa de salida recorta en el mismo punto de la etapa de entrada o a un nivel mayor.

Cuando se conecta en cascada equipamiento analógico, la tasa señal-ruido y el techo dinámico de la cascada viene determinado por el enlace más débil, pero estudiando la estructura interna de cada pieza, puede ser posible incrementar el SNR de la cadena, poniendo en funcionamiento niveles más altos en la cadena que tengan niveles más elevados de recorte. Con una señal de prueba y después música, escuche atentamente al ruido base y a la calidad de sonido de niveles altos del último dispositivo de la cadena; si la salida de la cadena suena bien y razonablemente silenciosa, entonces no me preocupo de retocar la cadena. Fui capaz de mejorar la tasa señal ruido de un grabador basado en tubo cuya estructura de ganancia se parece al segundo dispositivo. El conservador esquema original del fabricante especificaba niveles nominales internos de -10 dBu, en la salida de la segunda etapa activa. Pero como los tubos se distorsionan también por encima de +30 dBu (techo dinámico de +40 dB), decidí poner más alto el atenuador y poner en funcionamiento niveles de 0 dBu en la segunda etapa. Esto mejoró la tasa señal ruido del amplificador de la segunda etapa, alrededor de 10 dB, sin poner en peligro la distorsión. El grabador de cinta de tubo tiene todavía 30 dB de altura interna.

En una cadena de señal analógica, elevar el nivel de la señal musical tan alto como sea factible lo antes posible (dentro de los límites impuestos por el techo dinámico y el punto de recorte de los convertidores A/D) mejorara la tasa señal-ruido de la cadena completa. Después, más tarde en la masterización, reduciremos el nivel de la señal de manera digital dentro de la siguiente cadena digital.

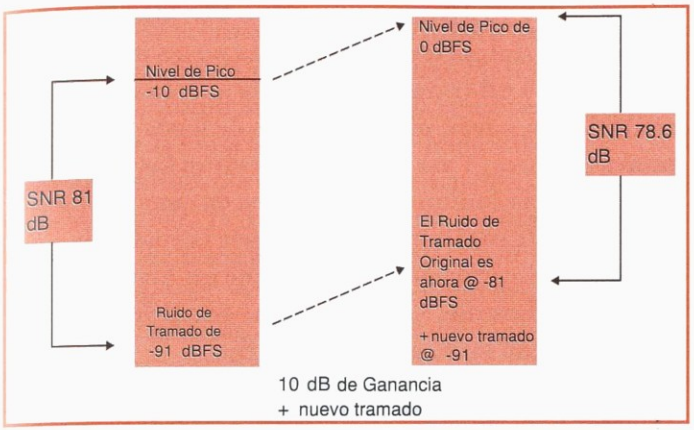
Cadenas de señal digital

Techo Dinámico de la Cadena: Es mucho más duro averiguar lo que sucede dentro de una cadena de señal digital, pero podemos probar el rendimiento digital del techo dinámico, el recorte y el ruido. Supongamos que tenemos un ecualizador digital con diferentes controles de ganancia y ecualización, le conectamos una onda sinusoidal de 1 kHz de señal de prueba de alrededor de -6 dBFS y elevamos la ecualización de 1 kHz unos 10 dB, observando como la salida se recorta. Entonces reducimos el control de ganancia de salida hasta que la salida se encuentre por debajo de 0 dBFS y verificamos a través de la escucha o de mediciones FFT que el recorte interno desaparece. Si no, entonces la estructura interna de ganancia del ecualizador no tiene suficiente techo dinámico para manejar entradas de rango amplio. Podría bastarnos con reducir el atenuador de entrada, pero el recorte temprano indica que este ecualizador no es de los más modernos. Es probablemente una unidad de punto fijo de primera generación y debería ser reemplazada. Los procesadores digitales modernos tienen suficiente techo dinámico interno para soportar un considerable incremento de nivel en las etapas tempranas, sin necesitar un atenuador de entrada, y el recorte puede ser eliminado solamente disminuyendo el atenuador de salida. La estructura interna puede ser de punto fijo de doble precisión o punto flotante (véase el Glosario, el Apéndice 13); no es fácil decirlo sin preguntar al fabricante. Es fácil dejarse impresionar por las afirmaciones de los fabricantes de punto flotante de cientos de dB de techo dinámico (*headroom*) por encima de 0 dBFS, pero 24 dB o así, de techo dinámico interno sobre 0 dBFS es probablemente suficiente, la mayoría de los productos de punto fijo bien diseñados tiene un techo dinámico interno de 24 dB o más.

Distorsión de la Cadena y Niveles Individuales del Procesador: Con una cadena digital, ya no tenemos que considerar el nivel de la señal de audio entre los diferentes elementos del equipo; aumentar la señal de origen en una cadena de señal digital de 24 bits no produce una diferencia SNR significativa, si consideramos el ruido inaudible (aproximadamente -139 dBFS) de la cadena.* Ya no tenemos que estar obsesionados con tener un nivel de señal bajo; en vez de ello, considere cada cálculo como una fuente de distorsión de cuantización. En vez de *optimizar niveles*, lo que importa más en una cadena digital de 24 bits es reducir el número total de cálculos; dé el trabajo de cambios de ganancia y otros cálculos a los componentes con mayor resolución interna (p. ej., aquellos que introducirían la menor distorsión de cuantización o *grunge*). De hecho, deberíamos evitar elevar la señal hasta que alcance un dispositivo con el control de ganancia de sonido más limpio, incluso si el nivel origen del audio es muy bajo. Por ejemplo, si la estación de trabajo tiene una resolución menor, trataremos de mantener todo en una ganancia unitaria en el DAW y reservaremos los cambios de ganancia o la ecualización para los dispositivos de mayor precisión, más adelante en la cadena de la señal. En otras palabras, pasaremos un clon perfecto (copia transparente de bits) del origen desde el DAW hasta el siguiente dispositivo en línea, para hacer el procesamiento.

Ruido de la Cadena: Los únicos ruidos de fondo de base en una cadena de 24 bits no son de la cadena en si

* Cada procesador añade su propio ruido quiescente o en reposo, que es acumulativo, pero en una buena cadena raramente añade más de entre 3 a 6 dB al ruido base de -139 dBFS RMS.



Una grabación de 16 bits con un bajo nivel de pico de -10 dBFS. Cuando la ganancia se aumenta unos 10 dB y se añade un nuevo tramado, la tasa señal-ruido original de 81 dB se reduce unos 2,4 dB.

misma, sino de las fuentes originales, lo que incluye el ruido de preamplificación del micrófono. Nos preocupa primordialmente el impacto de la suma de los ruidos de mayor nivel, y el añadido de un nuevo tramado de 16 bits al ruido del tramado origen, puede añadir un velo si el original era de 16 bits.

Tomemos un ejemplo de una grabación de 16 bits cuyo nivel de pico es 10 dB por debajo, como se ve en la figura superior. En la masterización podemos escoger aumentar su nivel alrededor de 10 dB y añadir un tramado de 16 bits antes de pasarlo a un CDR de 16 bits. Estos originales 81 dB SNR de la grabación original de 16 bit son la diferencia entre la señal a -10 dBFS y el ruido del tramado a -91 dBFS.[13] Cuando aumentamos la señal alrededor de 10 dB, tanto la señal original como el ruido son elevados igualmente, así que la tasa señal-ruido original de la señal prácticamente no se cambia. Sin embargo, la SNR total es la suma del tramado original que se encuentra ahora a -81 dBFS y el nuevo tramado que está a -91 dBFS. Ignoramos el ruido insignificante del procesamiento de la ganancia, bastante por debajo de -130 dBFS, así que el total es -78,6 dBFS, y el SNR de la señal se ha deteriorado alrededor (81-78,6) ó 2,4 dB. Cuanta más ganancia aplicamos a la fuente, más distante se encontrará el antiguo ruido sobre el ruido de tramado añadido, y más pequeño parecerá el nuevo tramado cuando los dos ruidos se suman. Así que reconsidere hacer cualquier cosa si tiene que elevar una señal solo unos pocos dB, porque el nuevo tramado estará muy cerca del viejo; si no realizamos ningún cambio de ganancia y simplemente añadimos tramado, el ruido de fondo de base aumentará unos 3 dB. Si disminuimos la ganancia, el nuevo tramado predominará sobre el viejo. A pesar de esta degradación, muchas veces tenemos que llegar a compromisos en la masterización, ya que todavía recibimos originales de 16 bits; y estamos obligados a ajustar el nivel de acuerdo con la estética del álbum. He tenido bastante suerte al reducir el encubrimiento acumulativo del sonido a través de la utilización el tramado con ruido conformado.[14]

Los fabricantes del *Waves L2* afirman que la limitación de pico permite aumentar el nivel de manera suficiente para que esté por encima del ruido de tramado, y por esto, aumenta la tasa señal-ruido y la resolución. Pero ejerciten la precaución, porque para mis oídos la aparente mejora del ruido es más que desplazamiento por la degradación de la calidad del sonido (el limitador reduce la claridad de los transitorios).

Si podemos evitar el tramado de 16 bits, produciendo una salida de 16 bits que pueda utilizar el usuario, entonces el proceso de masterización y cambio de ganancia puede realizarse sin castigo aparente, con el ruido de base 48 dB por debajo del ruido de 16 bits. Esta es la promesa de llevar mayores longitudes de palabra al usuario y otra razón para grabar en 24 bits en primer lugar.

V. Grabar de Analógico a Digital y Traspasos

La Grabación y el Copiado, la Traducción entre los puntos analógicos y digitales del sistema

Expliquemos la interconexión de los dispositivos analógicos equipados con vúmetros y los dispositivos digitales equipados con medidores (de pico) digitales. ¿Cuando calibra un sistema con una señal de prueba sinusoidal, que nivel de traducción debería utilizar? Existen varios estándares *de facto.* Las opciones habituales han sido -20 dBFS, -18 dBFS, y -14 dBFS traducido a 0 VU. Esta es la razón por la que algunos aparatos DAT tienen marcas a -18 dB ó -14 dB. Me gustaría ver marcas exactas de calibración en los grabadores digitales en -12, -14, -18, y -20 dB, lo que cubre la mayoría de las bases. La mayoría de los medidores digitales externos proporciona medios para calibrar de manera exacta a cualquiera de estos niveles.

¿Cómo decide que estándar utilizar? ¿Es posible tener un único estándar? ¿Cuáles son los compromisos de cada uno? Para tomar una decisión bien fundamentada, pregúntese a si mismo: ¿Cuál es la filosofía de mi sistema? ¿Estoy interesado en mantener el techo dinámico (*headroom*) y evitar el recorte de pico, o quiero la tasa señal-ruido más alta posible en todo momento? ¿Estoy interesado en un volumen consistente? ¿Necesito simplificar las tareas de grabación o estoy dispuesto a realizar una supervisión constante durante el grabación (comprobaciones de niveles antes de cada montaje, buscar los picos, etc.)? ¿Estoy ajustando los niveles o procesando las dinámicas, llevando a cabo la masterización para un volumen y consistencia con solo un interés secundario en el nivel de pico?

Considere que las fuentes digitales puras, sin procesar, particularmente las pistas individuales sin comprimir en un multipistas, tendrán niveles de pico de entre 18 y 20 dB por encima de 0 VU. Mientras que las mezclas típicas tendrán una tasa pico a medio de entre 14 y 18 dB (raramente más de 20). Las cintas analógicas tendrán niveles de pico de hasta 14 dB, casi nunca mayores. Y así es como se derivan las tres opciones más comunes de números de conversión (18, 20 y 14). Esta es también la razón por la cual cada fabricante de grabador de DAT tiene un nivel analógico de salida diferente, lo que hace que sea difícil su interconexión en una instalación fija.

Los Estudios de Retransmisión

En la Retransmisión, la *velocidad y el sentido práctico* es nuestro objeto, simplificando las operaciones diarias, especialmente si las consolas están equipadas con vúmetros y los grabadores son digitales. En los estudios de retransmisión, es deseable utilizar ganancias de entrada y de salida fijas, calibradas en todos los equipos. Mi recomendación personal para la amplia mayoría de los estudios de retransmisión es estandarizar en niveles de referencia de -20 dBFS ~0 VU, particularmente cuando se mezcla a dos pistas digitales desde fuentes en directo, o se hace un seguimiento de pistas en vivo a un multipistas digital. Con una referencia de -20 dBFS, probablemente nunca recortaría una cinta digital si observa el vúmetro. Si las fuentes se encuentran comprimidas, el nivel de pico puede nunca alcanzar la escala completa, pero las perdidas SNR son insignificantes con una grabación de 24 bits. Utilice lo más alto de la escala de pico para el techo dinámico (*headroom*).

Cuando se graba desde cinta analógica a digital, considere a la cinta analógica como una fuente comprimida, y mantenga la referencia del vúmetro a -20 dBFS, incluso si lo digital nunca alcanza un pico por encima de -6 dBFS. Esto resultará en niveles más consistentes a lo largo de la maquinaria. Cuando se mezcla desde digital a analógico, considere de manera opcional una referencia de -14 para evitar la

saturación de la cinta analógica, o utilice una cinta analógica con un alto techo dinámico (*headroom*) a alta velocidad, o simplemente acepte la compresión de 6 dB o más de la cinta analógica que hemos estado disfrutando durante años. Para la mayoría de los convertidores A/D/A en el complejo, los organismos de radio difusión europeos han establecido una referencia de -18, ya que la mayoría del material tendrá una tasa pico a medio de 18 dB o inferior, y el recorte ocasional puede ser tolerado. Prefiero la opción de 20 dB para reducir el recorte.

Los Estudios de Grabación

Para un estudio de grabación atareado que hace la mayoría de sus mezclas, grabaciones y grabación a cinta digital, la estandarizar en -20 dBFS simplificará el proceso y evitará el recorte cuando se observen los vúmetros. Cuando se hacen grabaciones a cinta analógica para propósitos de archivo, escoja una cinta con más techo dinámico, o utilice un punto de referencia personalizado (p. ej., -14 en vez de -20), ya que el objetivo es preservar los transitorios en la cinta analógica para el disfrute de los oyentes futuros. Para propósitos de archivo, yo prefiero utilizar la altura de las nuevas cintas de salida alta, para claridad de los transitorios, más que aumentar el nivel del flujo para una mejor tasa señal-siseo.

Uno de los mayores problemas en el estudio de grabación contemporáneo es tratar con la reproducción de los CDs y el vúmetro en la mesa de mezclas, porque muchos de los discos compactos contemporáneos tienen niveles de volumen que estropearían la mecánica del vúmetro al hacer que la aguja choque con el tope de la zona roja, no importa con que nivel estándar haya decidido calibrar el medidor. Algunos estudios de grabación resuelven este problema a través de la desconexión del medidor del bus al reproducir discos compactos de consumo, o con el añadido de un atenuador variable del medidor, lo que yo creo que es peligroso porque pueden olvidarse de volver el atenuador al nivel normal. El Medidor del *K-System* (véase Capítulo 15) es el enfoque del siglo XXI a este problema.

Los Estudios de Masterización

Los estudios de masterización están trabajando de manera frecuente en 20 ó 24 bits. Y podemos abordar un nivel de copiado personalizado para cada cinta analógica, optimizando el nivel de la transferencia de acuerdo con la calidad del sonido, ya que los niveles fijos de referencia o puntos de calibración para la transferencia son menos importantes para nosotros.

PPMs analógicos

Los PPMs analógicos tienen un tiempo de establecimiento mas lento que los PPMs digitales, de 6 a 10 ms en lugar de una muestra de 1 (22 µS a 44,1 kHz). Cuando se trabaja con un grabador digital, una fuente directa y un escritorio equipado con PPM analógico, sugiero un "cabecera" de 5 dB. En otras palabras alinear el nivel de pico más alto en el PPM analógico a -5 dBFS (pico verdadero) con tono sinusoidal.

En conclusión

Con esta firme base en decibelios, estamos ahora preparados para empezar a analizar nuestras herramientas y técnicas de masterización.

---

1 Irónicamente, existe todavía un pequeño desacuerdo respecto a **que código numérico leer**, según la longitud de palabra involucrada. Afortunadamente, se ha llegado a un pacto de caballeros con la utilización de tan solo los 16 bits superiores para determinar el nivel. La escala completa de 16 bits (positivos, complemento de dos) se representa por el número 0111 1111 1111 1111. Sin embargo, este número es infinitesimalmente más pequeño que la escala completa (positiva) de 24 bits 0111 1111 1111 1111 1111 1111. Para ser exacto, la diferencia es un error de (solo) 0,0001 dB, y ¡la mayoría de la gente se ha puesto de acuerdo en ignorar la discrepancia!

2 Los fabricantes del convertidor A/D de Benchmark creen que contar muestras contiguas no es una buena idea, y ellos aplican un estándar incluso mas conservador en el que cualquier muestra que toque 0 dBFS se considera un *OVER*, ya que un medidor de *overs* nunca detectará múltiples señales contiguas de alta frecuencia a 0 dBFS, porque son más rápidas que la tasa de muestreo. Yo replico con el argumento psicoacústico de que: a) las señales de alta frecuencia (p. ej., 10 kHz) a escala completa no se dan en la música de verdad y b) el oído es mucho menos sensible a las sobrecargas de

alta frecuencia de corta duración. Pero aún y todo, no hay nada malo es ser conservador, ¡especialmente durante la conversión A/D inicial y especialmente con grabaciones de 24 bits! #

3 Nielsen, Soren & Lund, Thomas (2000) "0 dBFS+ *Levels in Digital Mastering*". 109ª Convención de la AES, Edición preliminar #5251.

4 Jim Johnston (en correspondencia) señala que los procesadores, como los codificadores MPEG (MP3), los codificadores Dolby Digital (AC3), WMA, Real, etc. **añadirán ruido a su señal.** Si usted se acerca demasiado al límite, distorsionarán gravemente a menos que la señal de entrada sea primeramente reducida. La moraleja de la historia es que **¡no se acerque demasiado al máximo digital!** J. J. recomienda un máximo nivel de pico de -0,2 dBFS o inferior, para el beneficio del post-procesamiento.

5 Thomas Lund de TC ha investigado un número de álbumes de pop actual con el medidor de pico sobremuestreado. Observó que la mayoría de los reproductores de discos compactos se encuentran todavía en modo distorsionado entre 200 y 700 ms después de haber sido alcanzados por estos picos, como lo son los procesadores de radio debido al SRC en sus entradas, los rotadores de fase, y otros trucos generalmente aplicados.

6 Glenn Meadows y otros hablan sobre **SHRED,** en el *Mastering Webboard:*

Glenn: "De aquí es de donde yo creo que viene todo, y es orientado a los chicos. ¿Alguna vez te has parado en una luz de stop y has sido embestido por el coche que venia detrás? (Asumo que la respuesta es sí). Bueno, además de ponerte de mala leche, realmente escucha lo que sucede. TODO el audio es recortado y distorsionado en las frecuencias más agudas del espectro. ASÍ es como la gente CREE que suenan las cosas, y como se SUPONE que deben sonar".

Así que, en lo que respecta a los artistas y productores que están acostumbrados a "arrancar de malos modos sus coches", y a recortar/distorsionar la parte superior y los transitorios, si ellos NO escuchan esto en sus oficinas, entonces la masterización no sirve. Así que, una vez más se lleva a ser filtrado de nuevo a los ingenieros de mezclas, para proporcionar ese *picadillo* en las mezclas que satisfaga a sus clientes (recordad, TODOS tenemos que satisfacer a nuestros clientes primera y principalmente), así que en vez de que se lleve la actuación otro que QUIERA proporcionar esta ventaja, todo el mundo está haciendo lo mismo.

[Respuesta anónima:] En otras palabras, estás diciendo que el negocio de la música actualmente está conducido por gente que no sabe como debería sonar un disco.

Glenn: "Lo has cogido. Lo limpio esta PASADO DE MODA, lo distorsionado esta de moda. Si es limpio, no es correcto. Desgraciadamente, en los últimos meses he tenido demasiadas sesiones que han sucedido de esta manera."

Chris Johnson: "No hay futuro en esto... El recorte provoca fatiga auditiva. La fatiga auditiva significa que los oyentes escucharán menos antes de dejar la escucha. Esta gente lo único que esta haciendo es cometer un suicidio comercial, sacando material que no tiene capacidad de venta a largo plazo. Es lo mismo que si pasas todo a través de un *Aural Exciter* aumentado tanto que realmente HACE DAÑO, solo que en este caso sería la distorsión".

7 No siempre consigues los mejores telecos en retransmisiones en directo. Durante una retransmisión de televisión en directo desde exteriores, una vez me queje a un teleco, y éste me replico, "¡Aquí la distorsión se mantiene OK!" En otra ocasión, durante una prueba de niveles, el teleco me pidió "que le enviara otro de esos ciclos".

8 Gran parte de la "compresión" de la cinta analógica proviene de la generación de armónicos adicionales y del efecto de saturación de nivel. Un generador de armónicos reducirá la tasa pico a medio de una grabación.

9 Si por casualidad usted decide hacer una remezcla, y su ajuste previo de la mezcla fue mezclado a un nivel inferior, entonces, por todos los medios, haga la remezcla a un nivel mayor. Esto es una buena cosa. Como el proceso de mezclas es un paso necesario de (re)cuantización, esta clase de "normalización" aumentará la tasa señal ruido del material, especialmente si usted esta mezclando a través de una consola de mezclas analógica. En una mezcla analógica, aumentar el nivel de la mezcla aumenta la SNR a través del aumento del nivel de la señal de la mezcla por encima del ruido de fondo de base de la electrónica analógica del mezclador y del convertidor A/D. Si usted esta mezclando digitalmente, aumentar el nivel de la señal incrementa la señal por encima de la distorsión de cuantización del DSP digital de mezclas. Pero como la distorsión de cuantización en un mezclador DSP de vanguardia será alrededor de -139 dBFS, no se preocupe por aumentar el nivel de la mezcla a menos que sea significativamente bajo (digamos, -10 dBFS siendo conservador), ya que no habrá una mejora audible en la SNR.

10 El origen de la utilización de **+4 dBu** como referencia para el audio analógico en vez de un número más conveniente como 0, nos hace retroceder a los primeros días de la compañía telefónica. El decibelio es una medida relativa, pero la referencia utilizada por la compañía telefónica estaba basada en la **potencia.** Y el estándar de referencia de la compañía telefónica para 0 dB es 1 milivatio, que a través de su estándar de impedancia de 600 ohmios resulta en 0,775 voltios. Esta referencia se abrevia como **0 dBM.** Aparece entonces el vúmetro; se calibra para producir un nivel de 0 VU con 0 dBM, pero si le comunicamos directamente una línea de 600 ohmios la cargaría y esto provocaría distorsión, así que el circuito estándar incluye una resistencia de 3600 ohmios en serie con el vúmetro. La resistencia de 3600 ohmios atenúa el medidor alrededor de 4 dB, así que el nivel del circuito tiene que ser aumentado a **+4 dBM** con el fin de hacer que el medidor lea 0 VU.

Hoy en día, los equipos actuales tienen por lo general salidas de baja impedancia (algunas veces tan bajas como 10 ohmios o menos), y salidas de alta impedancia (mayores que 10 kilo ohmios), así que no hay una potencia significativa que se transfiera de equipo a equipo. En vez de esto, una referencia de voltaje es la única cosa que es significativa. Y para seguir utilizando los mismos niveles de decibelios que utilizamos para la telefonía, ¡mantenemos la referencia histórica de 0,775 voltios en vez de un número más conveniente como 1 voltio! Ahora cuando el dB se refiere a un voltaje de 0,775 voltios, llamamos a esto 0 dBu. Y para hacer que un vúmetro lea 0 en un moderno circuito de baja impedancia con las resistencias correctas, tenemos que alimentarle con +4 dBu, ó 1,23 voltios. Véase también el Apéndice 5, que es una breve tabla de decibelios.

Las ecuaciones son: Si 0 dBu son 0,775 voltios, entonces +4 dBu son 1,23 voltios. $20 * \log(1{,}23/0.775) = 4$.

Doy las gracias a Mike Collins por recordarme que incluyera estaexplicación.

11 Esto, por supuesto; depende de la pericia del diseñador. Algunos amplificadores operativos de circuito integrado cambian de clase A a clase AB a medida que se aproximan a su punto de recorte, lo que puede explicar el "grosero" sonido. Sin embargo, la mayoría de los diseños de amplificador de potencia Mosfet recortan elegantemente. De manera similar, el diseño y regulación de la fuente de alimentación tiene mucho que decir sobre la calidad del sonido cerca del punto de recorte. Para evitar cosas desagradables, mida y escuche para asegurarse.

12 Para ser más exacto, el techo dinámico (*headroom*) se reduce 6 dB si usted no balancea la salida de un amplificador sin transformador. Los amplificadores con transformador acoplado mantienen su techo dinámico, incluso al no balancearse.

13 Para simplificar la aritmética, asumimos que el nivel de pico se encuentra a -10 dBFS RMS y que el ruido de tramado es ancho de banda y se mide también en RMS a -91 dBFS (redondeado de 96-4,77=91,2). De cualquier manera, las posibilidades son que la música y el ruido de fondo de base en el DAT sean mucho más altos que este ruido de tramado, pero el ruido de tramado es el mínimo ruido base absoluto a considerar. Y muchos ingenieros de masterización afirman que podemos escuchar la degradación del tramado, incluso con un ruido de base tan bajo como -91 dB ¡e incluso bajo niveles de la música mucho mayores!

14 Puede preguntarse: ¿Si no es por el trabajo estético de hacer encajar una canción con otra, por qué nos estamos preocupando de aumentar el nivel de la grabación, si la tasa señal ruido de la fuente se ve perjudicada por el tramado añadido? Tenemos también que considerar el ruido de base de fondo de las electrónicas de la salida final y el convertidor D/A, y es posible que llevando el nivel de pico más cerca de la escala completa podamos solucionar algunas de las flaquezas de las ruidosas salidas de reproducción analógica del sistema. Es una cuestión de encontrar el equilibrio adecuado y compromiso entre estos diferentes factores.

Capítulo 6

La monitorización

I. Filosofía de la monitorización precisa

La principal meta de un estudio profesional de masterización es hacer juicios subjetivos, de la manera más objetiva posible. No puede permitirse cometer errores cuando se lanza un disco a miles de oyentes. Muchos de mis clientes se sorprenden al enterarse de que un CD bien masterizado puede sonar cálido y claro en un amplio rango de sistemas, desde los de gama baja a los de alta. ¿Cómo se puede hacer esto sin comprometer la integridad del sonido? Quizás de modo sorprendente, la respuesta se encuentra menos en el uso de un procesamiento y técnicas de ecualización correctas (aunque estas son las claves), y más en la utilización inteligente de un sistema de monitorización preciso y de alta resolución.

Elementos de un sistema de control de alta resolución

Un sistema de control de alta resolución es el microscopio de audio del ingeniero de masterización, sin el cual incluso no se pueden empezar a tomar las sutiles decisiones del procesamiento. El sistema de monitorización permite escuchar detalles internos en la música que de otra manera podrían pasar desapercibidos, y entonces causarían problemas al oyente final.

> *"El sistema de control del ingeniero de masterización es un microscopio de audio"*

La receta para la construcción de un sistema de control de alta resolución probablemente no ha sido escrita, pero podemos describir algunos de los elementos generales:

1. Con pocas excepciones, no se encontrarán monitores de campo cercano en una sala de masterización profesional.[1] No hay pequeños altavoces, ni altavoces representativos baratos, ni *monitores*

alternativos. En cambio, hay un único par de altavoces de alta calidad (para trabajo estéreo), con el que el ingeniero de masterización está íntimamente familiarizado. Sabe exactamente cómo su rendimiento se traducirá al mundo real, y cómo agradar al máximo número de oyentes. [2]

2. La sala de masterización es extremadamente silenciosa, con todo el equipo que produce ruido apartado a la sala de máquinas. El ruido de fondo de base debe ser mejor que NC30,[2] preferiblemente NC20 o inferior en una instalación excepcional.
3. No hay obstáculos significativos entre los monitores y el oyente dentro del triángulo equilátero de la monitorización estándar.
4. La cadena electrónica esta diseñada para una máxima transparencia. A menudo se crean componentes especializados o personalizados, que incorporan un escaso mínimo de etapas activas.
5. Los altavoces y amplificadores de control tienen un amplio ancho de banda, gran techo dinámico (*headroom*) y una frecuencia de respuesta extremadamente plana. Las fuentes de difracción[3] se encuentran minimizadas. Los armarios son sólidos y no resonantes, tal y como es la habitación, libre de resonancias y vibraciones compasivas.
6. Los monitores y el oyente se encuentran en una zona libre de reflexiones,[4] lo que significa que las reflexiones de las superficies cercanas llegan al oyente al menos 20 ms más tarde que el sonido directo (preferiblemente >30 ms) y al menos 15 dB por debajo (preferiblemente >20). Esta especificación puede determinarse por la espectrometría de retardo de tiempo. [5]

La sala es lo suficientemente grande como para permitir una respuesta extendida y uniforme de los bajos, sin importantes ondas estacionarias. Las ondas estacionarias que se mantienen son controladas con la utilización de técnicas que incluyen resonadores Helmholz o difusores especializados. La longitud de la habitación debería ser de al menos 20 pies en el caso del estéreo, y en una habitación de masterización crítica, al menos de 30 pies de longitud para multicanal, de modo que todos los altavoces puedan encontrarse suficientemente alejados de los muros para evitar el efecto de proximidad de resonancia de bajos.[6] La sala debería ser lo suficientemente amplia para que las primeras reflexiones de los muros laterales sean insignificantes y/o los muros estén tratados para minimizar las reflexiones. Las dimensiones deberían ser simétricas de izquierda a derecha y un techo inclinado hacia arriba desde el final del altavoz (techo de catedral) es un punto a favor.

El diseño acústico y la distribución eléctrica son llevados a cabo por profesionales experimentados y entrenados.

Los *subwoofers* y la respuesta de los bajos

Los *subwoofers* estéreo, o los altavoces principales cuya respuesta se extiende al infrasonido, son esenciales en un buen estudio de masterización. Los chasquidos vocales producidos por consonantes oclusivas, el ronroneo del subterráneo, las vibraciones del micrófono, y otras distorsiones se pasan por alto sin los *subwoofers*, no solo las notas más bajas de los bajos. La configuración apropiada del *subwoofer* requiere conocimiento y un equipamiento de prueba especializado (véase Capítulo 14). Si los *subwoofers* se encuentran ajustados de manera inexacta (p. ej., "demasiado calientes", en un vano intento de impresionar al cliente) entonces los resultados no se traducirán bien en otros sistemas.

Unos *subwoofers* precisos son especialmente importantes en los géneros del hip-hop y del reggae, pero sirven bien para colocar al rock and roll en perspectiva. Con unos *subwoofers* calibrados de manera

adecuada, la grabación que masterizamos se reproduce bien tanto en sistemas retumbantes como en tenues.

La respuesta aparente de los bajos es también enormemente afectada por el nivel del monitor. Los contornos de igual volumen (originalmente estudiados por Fletcher, Harvey, y Munson) dictaminan que una grabación que se ha mezclado a un nivel demasiado elevado del monitor, parecerá corta de bajos cuando se escuche a un nivel inferior en un entorno doméstico típico. Por ello, mezclar y masterizar a un nivel demasiado elevado es una vanidad que no podemos permitirnos (véase Capítulo 15).

Ecualización del Monitor, ¿a oído o a máquina?

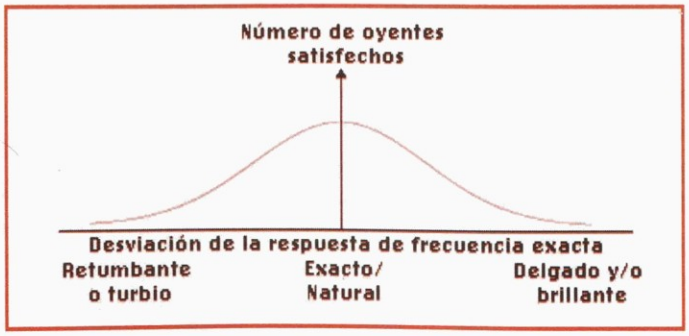
Un sistema de monitorización impreciso o sin refinar no sólo causa una ecualización incorrecta, puede también dar como resultado una demasiada ecualización. Debemos usar nuestro oído/cerebro, en conjunción con instrumentos de prueba para asegurar la precisión del monitor. El equipo de prueba solo no es suficiente - por ejemplo, aunque cierto grado de reducción medida de las altas frecuencias suena habitualmente mejor (debido a las perdidas en el aire) no hay una medida objetiva que diga, "esta reducción se mide como correcta", sólo una aproximación. Salas de diferente tamaño, distancias de monitor y las dispersiones de la monitorización cambian el recorte requerido para hacer que suenen correctamente las frecuencias más agudas del espectro.

De este modo, para las frecuencias altas, el último ajuste del monitor debe hacerse a oído. Pero esto nos conduce al problema del huevo y la gallina: "Si usa grabaciones para juzgar los monitores, ¿cómo sabe que la grabación fue realizada correctamente?" La respuesta es usar las grabaciones de referencia más refinadas (al menos de 25 a 50) para juzgar los monitores, y obtener un promedio. Los altos variarán de un toque apagado a un toque brillante, pero la mayoría serán correctos si el sistema de monitorización es correcto. Trato de evitar añadir ecualizadores de corrección de monitor; prefiero primero ajustar la habitación o reemplazar los altavoces, mis técnicas incluyen ajustes en los componentes de separación de frecuencias del altavoz, hasta que los monitores caen exactamente en el medio de la "curva de aceptación" de las 50 grabaciones de referencia.

Fíjese sin embargo que una variedad de factores - el número de gente en la sala, la capacitancia de los cables de interconexión, la potencia de los amplificadores, los convertidores D/A, y los preamplificadores - pueden todos afectar a la respuesta de baja y alta frecuencia, de este modo si hay cualquier cambio en esto, ¡inmediatamente reevalúo la respuesta de los monitores con las conocidas 25 mejores grabaciones!

Porque Se Necesitan Monitores Precisos

Aquí esta mi teoría de la *curva en campana:* Trabaje hacia la mitad de la curva, y satisfará al mayor número de oyentes. El ingeniero de masterización se esfuerza por crear una grabación que se suene bien en el mayor número de sistemas de reproducción. Si sesga una grabación en la dirección del brillo, no sonará bien en muchos de los pequeños sistemas que ya tienen demasiado agudos; a la inversa, si lo sesga en la



Una grabación bien balanceada satisface al número máximo de oyentes.

dirección más apagada o densa, con demasiados bajos, no sonará bien en sistemas que tengan demasiados bajos. De este modo, una grabación que está bien balanceada satisfará al máximo número de oyentes, tal y como se ilustra en la figura de la curva en campana:

Cuanto más acerquemos la grabación hacia la mitad de la curva, más oyentes satisfaremos. Un sistema de monitorización preciso nos permite producir grabaciones que se encuentran en la mitad de la curva. Nos enorgullecemos de saber justo que cantidad de bajos será correcta, para que la grabación suene bien en un club, o en un pequeño sistema casero. Esto no significa que estemos *a prueba de casas*, a menos que construyamos la sala con una respuesta perfecta. Por ejemplo, siempre habrá sistemas caseros y de automóvil que distorsionen cuando ciertas frecuencias de bajos sean excesivas. En este caso, la experiencia es el mejor maestro; podemos hacer cambios en los bajos que no sesgarán una grabación fuera de la mitad de la curva de campana. Siempre comprobamos referencias en varios sistemas de ejemplo. Normalmente la grabación se traduce en todos ellos. O si no, un pequeño ajuste arreglará el problema, dentro de las frecuencias identificada como causa de los problemas en el sistema problemático. Planeamos el cambio mientras escuchamos en el sistema de masterización preciso, para confirmar que no estamos sesgando la grabación fuera del medio, o los oyentes con otros sistemas probablemente tendrán probablemente el problema opuesto. También tenemos en mente que el oído oye mucho más fácilmente los picos que los declives, así que, si fuera necesario, bastará con algunos declives para agradar a un cliente recalcitrante que juzga según un sistema problemático.

> *"Una monitorización que hace que todo suene agradable no debe ser precisa."*

II. Desacreditando los mitos de los Monitores

Existe cierta resistencia a la teoría de que usted necesita monitores precisos, pero no ciertamente entre la mayoría de los ingenieros de masterización.[7] No puedes discutir con el éxito - los ingenieros de masterización más exitosos trabajan con sistemas de monitorización de amplio registro y de respuesta uniforme.

Mito #1: Debe mezclar (masterizar) con monitores del ***mundo real*** a la hora re llevar a cabo grabaciones para el mundo real

Aquí va un mensaje reciente de un ingeniero de mezclas en el foro de Internet de Lynn Fuston:

> **En respuesta a: Los mejores monitores de campo cercano**
>
> **Francamente, estoy en el punto en el que ya no me gusta hacer las mezclas utilizando monitores de referencia. Mis monitores son tan agradables de escuchar, pero son justamente demasiado irreales.**
>
> **Son perfectos para una escucha crítica, pero es más fácil hacer una mezcla para el mundo real con la utilización de un viejo receptor y un par de viejos altavoces caseros JBL y un radio casete portátil.**
>
> **No me importa lo bien que crea que conoce sus monitores trucados. Reproducirán de manera convincente bajas frecuencias que se distorsionarán salvajemente en el**

equipo estéreo doméstico de su vecino, y producirán unas frecuencias agudas brillantes que desaparecerán por completo en el estéreo de casa de su madre.

¿Belleza contra exactitud? Para empezar, dudo que el remitente estuviera describiendo monitores *precisos*. Suena como si estuviera describiendo monitores *bonitos*, porque son "tan agradables de escuchar", lo radicalmente opuesto a los monitores que son "perfectos para una escucha crítica". Hay altavoces que son no discriminatorios; los conoce bien - todo suena agradable en ellos. Un monitor que hace que todo suene bien o que enmascara las sutiles diferencias entre las fuentes, no puede ser preciso. Los sistemas *bonitos* son los altavoces que están templados, o que tienen defectos que siempre los hacen sonar "bonito" (como resonancias de sirena, reflejos manchados, difracciones, y cualidades de dispersión que enfatizan el ambiente en una fuente). Por el contrario, un monitor *preciso* es implacable, y revela todas las distorsiones o anomalías de frecuencia. En mi sistema de masterización las grabaciones excelentes suenan bonitas y de maravilla, pero las grabaciones inferiores no suenan muy agradables. Esa es una característica de un sistema de monitorización que es "perfecto para una escucha crítica".

¿Los buenos monitores suenan brillantes? Esto no es verdad. Los monitores precisos no suenan *brillantes*. El remitente remarcaba, "los [buenos monitores] reproducirán de manera convincente bajas frecuencias que se distorsionarán salvajemente en el equipo estéreo doméstico de su vecino, y producirán unas frecuencias agudas brillantes que desaparecerán por completo en el estéreo de casa de su madre". Creo que debe estar describiendo los *buenos* monitores de otra persona, porque un ingeniero de masterización escuchando en monitores precisos no estaría tentado en subir mucho los bajos o en cortar demasiado los agudos. Las conclusiones del remitente tienen que estar basadas en el trabajo con monitores inexactos, de baja resolución.

¿Los Altavoces Típicos de Monitorización? No existe nada como un *típico* o *representativo* pequeño monitor. Como la curva en campana representada arriba, las repuestas de frecuencia de los mini-monitores varia según el sitio.[8] Los ingenieros de mezclas que creen que su particular gusto de mini-monitor parcial es correcto, producirán mezclas con defectos, que sonarán mal en otros monitores. Solo unos pocos ingenieros de mezclas con una fuerte capacidad de adaptación han aprendido como trabajar con monitores pequeños de campo cercano y compensan mentalmente sus flaquezas. Aunque esta minoría de ingenieros de mezclas bien entrenados puede obtener excelentes resultados con los mini-monitores, los ingenieros de masterización nunca deberían depender de ellos.

La mayoría de las veces puedo reconocer una mezcla NS-10/campo cercano cuando llega para su masterización. El tambor de bajos es demasiado retumbante (un problema concreto de las mezclas NS-10), la parte vocal es a menudo demasiado baja (probablemente causado por la acumulación central en el entorno de campo cercano), la reverberación es a veces demasiado baja (el efecto de *auricular* mejora los detalles internos), el bajo medio de los instrumentos de bajo se encuentra deprimido (originado por las resonancias o los efectos del filtrado de peine de la superficie de la consola), la separación estéreo es muy pequeña (imagine unos enormes auriculares), y las frecuencias más altas son, bueno, impredecibles. Pero una de cada diez veces, me sorprendo y agrado al enterarme que un ingeniero de mezclas fue capaz de obtener buenos resultados con mini-monitores parciales. ¡Pero hay más en esta historia de lo que

alcanza al oido! Aquel ingeniero de mezclas se empeño es tomar referencias de la grabación en varios sitios, para ver como se iba traduciendo, y entonces realizó ajustes antes de realizar las mezclas. No todos los modelos de monitores de campo cercano son tonalmente parciales, así que lo que queda por conquistar son los problemas debido a su posición y proximidad a las superficies reflectantes.

Cuando mezclo escojo monitores que sean todo lo exactos que puedo obtener para el espacio de mezclas. Me tomo el esfuerzo de situar los monitores en estantes sólidos, lejos de obstrucciones como consolas, o estantes, o reflejos como el cristal de la sala de control. Puedo incluso quitar los altavoces de la consola hacia la izquierda o a la derecha, lo que hace pensar a los productores que estoy loco hasta que se sientan y escuchan. Parece extraño mover los potenciómetros y mirar al lado, pero no en el nombre de conseguir una gran mezcla. Está demostrado que los ingenieros de mezclas utilizan mucha menos ecualización cuando los monitores son exactos.

Mito #2: El Añadido de frecuencias agudas ayuda a los monitores inferiores que son débiles en los altos.

Esto es una mentira. Primeramente, la grabación sonará aguda, metálica y fatigosa en cualquier monitor que tenga unos saltos adecuados, y hay mucha representación de esto a lo largo de la curva en campana de los monitores inferiores. A continuación, la reproducción en radio sufrirá, porque como se ha mencionado, los limitadores de la radio simplemente cortarán los altos que ha añadido. Pero lo más importante...

"El rango medio es la clave"

El rango medio es la clave. Tal y como se describe en el capítulo sobre Ecualización, el añadido de demasiadas frecuencias agudas deprime el rango medio inferior. Puede acabar con unas voces que no tienen potencia la reproducirse en un sistema con un ancho de banda limitado; por ejemplo, el añadido de altos reduce de hecho la fuerza de la voz masculina en la mezcla, cuando se escucha en un sistema con un ancho de banda limitado. La potencia principal de una voz masculina se encuentra en el rango de frecuencias fundamentales de alrededor de 250 Hz. Si este rango se encuentra deprimido, la grabación corre el riesgo de tener una voz que no sea trasladable en una amplia gama de sistemas. Intente esto: Tome una gran grabación. Reprodúzcala, vaya a la siguiente habitación y escuche. La información todavía llega a pesar del filtro de la puerta, las moquetas y los obstáculos. Entonces intente filtrar la grabación severamente por debajo de 200 y por encima de 5 kHz (como el sonido de un viejo y malo altavoz de cine). Una buena grabación todavía se traducirá. Esto le dice que el rango medio es la clave. Si pierde el rango medio, lo pierde todo. Me acuerdo de mi primera experiencia con mi álbum audiofilo de Paquito D'Rivera *Tico Tico*. Esta grabación se realizó con micrófonos minimalistas, sin ecualización, ni compresión. Tiene un equilibrio tonal muy natural por lo que suena bien en cualquier sitio. ¿Por qué? Porque el rango medio es correcto.

Mito #3: Se necesita una fuerte compresión para evitar la sobrecarga de los pequeños sistemas de monitorización.

He encontrado que lo opuesto es cierto, con pocas excepciones. Cuando llevo mis *masters* dinámicos, impactantes a un pequeño sistema Aiwa de tres partes, suenan (comparativamente) comprimidos con menos transitorios y menos impacto. Si reduzco la claridad de los transitorios durante la masterización, solo sonará peor en el sistema más pequeño, ¡qué hace su propia compresión!

Creo que una monitorización de alta calidad es casi tan importante para los ingenieros de mezclas como para la masterización, porque los mini-monitores no revelan el daño de todos estos tentadores *plugins* de baja resolución y la sobrecompresión y después es demasiado tarde para arreglarlo.

III. Refinamientos

Sistemas de monitorización alternativos

Los ingenieros de masterización utilizan altavoces alternativos para volver a comprobar, no como referencia. Coloco todos los sistemas de monitorización alternativos fuera de la sala de masterización. Tener un sistema alternativo en la sala de masterización hace perder tiempo, y confunde al cliente. Además, es probable que los altavoces alternativos interfieran acústicamente con el sistema principal. Es mejor concentrarse en un único sistema de monitorización que no le confunda a la hora de hacer juicios equivocados. En Digital Domain tengo un segundo sistema en una sala separada, que puedo alimentar "en directo" desde la habitación de masterización. Este sistema tiene unos *woofers* de "sonido aproximado", y representa un extremo en la curva de campana de aceptación. Es bastante representativo de lo que puede ocurrir a las frecuencias más bajas de la grabación en un club, y de algún modo ayuda a interpretar lo que podría ocurrir en un coche. Aunque los coches son tan impredecibles, todo lo que podemos decir es que tendrán una respuesta de bajos muy desigual y una resonancia en una o más frecuencias inferiores de bajos. Además de controles de usuario que a menudo encontramos en forma de sonrisa (como en esta foto).

A esto es lo que nos enfrentamos.

He aprendido a tener cuidado con las grabaciones en las que el cliente está buscando unos bajos o un bombo muy calientes, y utilizo el sistema "del extremo" para demostrar ¡lo que podría ocurrir si llevan las cosas demasiado lejos! Porque si potenciamos los bajos de la grabación en la sala de masterización para conseguir *aquel sonido*, no sonará bien *en ningún otro lado*. De hecho sobrealimentará un típico sistema de coche. Muchos clientes no están acostumbrados a un sistema neutro de reproducción; el cliente de hip-hop o de reggae puede querer que suene en la sala de masterización tal como lo hace en su coche. La habitación retumbante de escucha alternativa sirve para esto.

Un estudio de masterización tiene un transmisor y un procesador de emisora de radio en su sala de máquinas, e invita al cliente a salir fuera a su coche para oír como sonará en la radio. Esto es una gran idea, siempre que el cliente sea realista sobre las limitaciones del sistema del coche, ya que si hace que la grabación sea lo suficientemente brillante para la mayoría de los coches, esto chirriará en cualquier sistema decente. En otras palabras, utilice el sistema

del coche como el ejemplo de un extremo, no como el mínimo común denominador.

Personalización

Están los sistemas portátiles, los sistemas de los clubs y sistemas de coches, especialmente planeados para música como el hip-hop, cuya respuesta/resonancia de bajos es extremadamente exagerada. Las grabaciones adecuadamente planeadas suenan tan espesas en estos sistemas que ¡las voces se pierden casi por completo! Es casi imposible hacer un *master* que suene bien en un sistema tan extremo y que no suene delgado y sin vida en todos los demás. No podemos incluir estos sistemas extremos a la hora de hacer un *master*, si queremos complacer al máximo número de oyentes. En vez de ello, la mejor solución es hacer un *master* separado (especializado) para los clubs o locales de actuación.

IV. En Resumen

El objetivo principal del estudio de masterización es hacer juicios subjetivos tan objetivamente como sea posible. Los ingenieros de masterización confirman que la monitorización precisa es esencial para realizar una grabación que sea traducible al mundo real. La falacia de depender de un impreciso "monitor del mundo real" puede únicamente dar lugar a una grabación que tiene forzosamente que sonar mal en un "monitor del mundo real" diferente.

Incluso el mejor *master* sonará diferente en diferentes sitios, pero sonará de la manera más correcta en un sistema de monitorización preciso. Lo que nos lleva a este comentario de un buen cliente:

> **Escuché el *master* en media docena de sistemas y tome copiosas notas. Todas las anotaciones se contrarrestaban una a la otra, ¡así que el *master* debe estar bien!**

---

1 Véase la sección sobre filtro de peine en el Capítulo 3. Jinn Johnston (en correspondencia privada) señala que los campos cercanos utilizan un método de escucha completamente diferente del que casi todo el mundo utiliza en el mundo real, p. ej., la mayoría de los oyentes del mundo real, los que no son oyentes de grandes radio casetes portátiles y de auriculares, encajan bien en el campo difuso de la sala.

2 NC-30 (*Noise Criterion 30 decibels*), un criterio de ruido admisible de 30 decibelios, sigue una curva de atenuación por la cual un nivel de ruido de 1 kHz es 30 dB, y se permite su aumento en frecuencias inferiores.

3 Muy pocos monitores de campo cercano pasan "la prueba del ancho de banda y la compresión". Casi ninguno tiene suficiente respuesta de baja frecuencia para juzgar los bajos y los problemas subsónicos, y muy pocos pueden tolerar los transitorios instantáneos y los niveles de potencia de la música sin compresión del monitor. Si sus monitores ya están realizando una compresión, ¿cómo puede juzgar su propia utilización de la compresión?

La difracción es el rebote de un frente de onda acústica desde los bordes de los armarios y cajas, lo que produce un "manchado" de la calidad del sonido. Esto puede reducirse utilizando bordes redondeados en vez de afilados, y materiales blandos en el borde en vez de duros.

4 Este término fue acuñado por el Dr. Peter D'Antonio de RPG.

5 La ventaja de este ambiente de monitorización es que los errores en el dominio temporal del material musical serán más audibles, ya que no se encontrarán enmascarados o manchados por la propia habitación de monitorización. La medición basada en tiempo de retardo solía ser extremadamente cara, pero ha alcanzado un precio razonable con la llegada de los rápidos ordenadores personales y el *software* decente para audio. En la ausencia de equipo TDS, una prueba objetiva-subjetiva denominada el test LEDR puede ayudar a determinar si las reflexiones cercanas están interfiriendo con la monitorización. LEDR (*Listening Environment Diagnostic Recording*), la grabación para el diagnóstico del ambiente de escucha, está disponible en Chesky Records, (http://www.chesky.com) en JD37. Reproduzca primero la pista introductoria y confirme que las posiciones del locutor son correctas. Si no, ajuste entonces la separación de los altavoces y el ángulo. Después ponga el test LEDR. La señal más allá debería extenderse alrededor de un pie hacia la izquierda y hacia la derecha de los altavoces. Si no, busque entonces reflexiones de los muros laterales. De modo similar, la señal de arriba debería subir recta de 3 a 6 pies, y la señal de over debería ser un arco iris que se eleve al menos tanto como la señal de arriba. Si no, busque objetos que estén interfiriendo por encima y entre los altavoces, o unidades o separadores de frecuencias defectuosos. La frecuencia de respuesta de los pares izquierda/derecha debería coincidir para la obtención de un resultado perfecto del LEDR.

6 A menos que los altavoces se encuentren ubicados en intradós de la estructura de la pared, lo que requiere una pericia acústica considerable. Es mucho más fácil diseñar una sala con altavoces independientes.

7 Quedan unos pocos ingenieros de masterización importantes que utilizan monitores no estándar de respuesta no uniforme, pero como los mejores ingenieros de mezclas, han aprendido sus defectos y saben como hacer que un *master* sea trasladable al mundo real. Sin embargo, no aconsejaría que un nuevo ingeniero de masterización comience de esta manera. Muy pocas personas tienen la capacidad de ajustar su oído interno de esta manera. De manera similar, algunos ingenieros de masterización sesgan sus sistemas de monitorización utilizando amplificadores de tubo de poca potencia para hacer sus juicios, lo que yo creo que es peligroso, ya que la compresión natural de los tubos puede esconder si una grabación necesita cierta compresión o puede enmascarar una sobrecompresión. Véase Capítulo 10 - Compresión y Monitorización. Los tubos pueden trabajar en un amplificador de monitorización de alta potencia, y son necesarios cientos de vatios para mantener a los amplificadores de tubo, conectados a los típicos altavoces poco eficientes, alejados del sesgo hacía la dirección de la sobrecompresión.

8 Las series LSR de JBL producen las mejores y más apropiadas soluciones intermedias en exactitud de monitorización. Cada pequeño monitor de sus series tiene un gran parecido familiar con sus primos mayores, con una frecuencia de respuesta muy lineal dentro de su limitado ancho de banda. Lo que quiere decir que cuando se coloca en un entorno lineal (que se encuentra pocas veces en lo alto de una consola), los LSR más pequeños solo se perderán la parte extendida del rango inferior, siendo el resto bastante exacto.

"Lo arreglaremos en las mezclas."

—Anónimo

PARTE II: TÉCNICAS DE MASTERIZACIÓN

"No es cuanto volumen le da. Es como le da el volumen."

—Bob Katz

Capítulo 7

Reunir el Álbum

Introducción

Sergeant Pepper es citado a menudo como el primer álbum conceptual del *rock and roll*, es decir, un álbum elaboradamente diseñado que se organiza alrededor de un tema central, lo que supuestamente hace de la música algo más que una simple colección de canciones. Esto dio lugar a una tendencia en los 70, que muchos dan por más o menos desaparecida. Pero ¿está de verdad muerto el álbum conceptual? No estoy tan seguro de ello, yo trato *cada* álbum que llega para ser su masterización como un álbum conceptual, incluso si no posee una temática pensada, material gráfico o una página desplegable. El modo en que las canciones son espaciadas y calibradas contribuye enormemente a la respuesta emocional del oyente y al disfrute total del disco. Es posible convertir un buen álbum en un *gran álbum*, simplemente por la elección del orden correcto de las canciones, aunque por desgracia, también sucede a la inversa.

I. Creando la secuencia: Como Ordenar un Álbum

Crear la secuencia es un arte. En ocasiones, los músicos cuando crean un álbum tienen una idea bastante clara del orden que les gustaría para las canciones, pero mucha gente necesita ayuda en esta delicada tarea. Tradicionalmente, la persona etiquetada como A&R ayuda a poner el disco en orden, pero en el mundo actual de producciones independientes, ese servicio no se encuentra siempre disponible. Esto suele ser el trabajo del productor, o de alguien claramente experimentado, políticamente "neutral"* y con inclinaciones estéticas. Un ingeniero de masterización salva la nebulosa división entre artista, productor e ingeniero, ya que al haber escuchado miles de álbumes y

* Los álbumes producidos por un miembro o varios de un grupo musical en ocasiones adolecen del síndrome *yo más*, donde cada músico quiere oír su instrumento más alto. La única manera de evitar *yo más* es emplear un productor o ingeniero que no tenga "alianzas políticas" y que trabaje en el concepto del álbum como un todo.

estar *au courant*, es capaz de proporcionar una orientación útil durante este proceso.

Este es mi enfoque. Primeramente déjeme decirle lo que no suele funcionar: no hay que dar una respuesta intelectual. Un músico creía que sería una buena idea organizar su disco según los temas de las letras de las canciones; quería comenzar con todas las canciones de amor, seguidas de las canciones sobre odio, y finalmente las canciones sobre reconciliación. Esto era un completo desastre musical. El comienzo de su álbum sonaba musicalmente repetitivo, ya que todas sus canciones de amor tendían a tener el mismo estilo y además, la progresión de ideas intelectuales, sencillamente no era obvia para el oyente medio, que reacciona principalmente a los cambios musicales. Incluso aunque el oyente se diera cuenta de este punto, esto no contribuía demasiado al disfrute del álbum. Escuchar música es en primer lugar y principalmente una experiencia emocional. Si estuviéramos tratando aquí de letras (poesía) sin música, quizás el orden intelectual sería mejor, pero la motivación intelectual del álbum todavía sobreviviría, incluso si las canciones se encontrasen organizadas por razones principalmente musicales.

Antes de proceder a ordenar el álbum, es importante tener su *gestalt* en la cabeza: su sonido, su sentimiento, sus subidas y bajadas. Me gusta pensar en un álbum en términos de un concierto. Los conciertos están habitualmente organizados en series, con pausas entre las series en las que los artistas pueden recobrar el aliento, hablar brevemente a la audiencia y preparar al público para la atmósfera de la siguiente serie o *set*. En un álbum, una serie puede consistir en tan sólo una canción, pero lo más habitual es tres o cuatro. No existen reglas estrictas, pero habitualmente el espacio entre series es un poco más grande que el típico espacio entre las canciones de una serie, con el fin de establecer un respiro, o un cambio de estado de ánimo.* A veces puede haber una continuidad (fundido encadenado) entre la última canción de una serie y el comienzo de la siguiente. Estos principios básicos se aplican a todo tipo de música, vocal e instrumental.

Ahora llega el trabajo de organizar las series. Para que sea más fácil, suelo preparar un CD preliminar con todas las canciones, o una lista de reproducción en un *DAW* u ordenador especializado en la edición de audio digital (mi favorito) para permitir la reproducción al instante de todas las canciones candidatas. Esto es mucho más fácil de lo que solía ser en los días de la cinta analógica. Después hago una sencilla lista, describiendo las características de cada canción en una o dos palabras o símbolos, como tiempo alto (*uptempo*), tiempo medio (*midtempo*), balada. A veces doy puntuación a través de letras para indicar que canciones son las más excitantes o interesantes, intentando colocar algunas de las canciones con una mayor puntuación al principio.† Puedo tener en cuenta el tono de la canción, aunque habitualmente esto es secundario comparado con su atmósfera y como arranca. Si hay una molesta coincidencia de tonos, a veces un mayor espaciado ayuda a limpiar el oído, o si no, intercambio esa canción con otra que tenga una sensación similar y tono compatible.

La pista inicial es la más importante; establece el tono para el todo el álbum y debe predisponer favorablemente al oyente. No tiene porque ser el posible *hit* o *single*, pero siempre debe ser un tiempo alto y la que establezca la emoción del álbum. Incluso si es un álbum de baladas, la primera canción debería ser la que alcance el corazón y el alma del oyente.

Si la primera canción fuese (esperemos) emocionante, se suele tratar de alargar este estado de

* De manera similar, en los álbumes de música clásica los espacios entre movimientos son más cortos que entre los números principales.

† Así es la vida. No todas las canciones son obras de arte, pero es importante dar la mejor impresión lo más pronto posible.

animo, manteniendo el movimiento del mismo modo que se haría en un concierto, con un corto espacio de transición que dará paso inmediatamente a un tiempo alto o tiempo medio. Entonces, es cuestión de decidir cuando ir bajando para dar a la audiencia un respiro. ¿La serie se compondrá de tres, o de cuatro canciones? Examino las otras canciones disponibles, y entonces decido si será una progresión desde una tercera canción de tiempo medio o rápido, seguida de una cuarta más relajada, o si opto por terminar con una agradable y relajada tercera canción.

En este punto, tengo números de pista escritos a lápiz al lado de las candidatas a la primera serie de canciones del álbum. Reproduzco el principio de la primera canción para ver como puede funcionar como introducción, salto entonces a los últimos 30 ó 40 segundos, lo pongo y voy al inicio de la segunda canción para ver si funciona. El oyente de hecho reacciona más a la transición musical, que al sentimiento completo de la anterior canción. Así es como se unen diferentes sentimientos musicales; una canción de tiempo alto que disminuye con delicadeza al final, puede fácilmente llevar a una balada. Si la serie no fluye, sustituyo las canciones hasta que funciona.

Entonces, tacho de la lista las canciones ya utilizadas, y escojo las candidatas para la segunda serie, empezando por lo general con un tiempo alto en la misma pauta de "concierto". Esto puede darse al revés, claro, algunas series pueden comenzar con una balada y terminar con un número intenso, esto depende en gran parte del sentimiento final del conjunto anterior. Una serie puede también ser una montaña rusa, según el estado de animo que queramos crear. De todos modos, cuando consideras el álbum como series, resulta mucho más fácil de organizar. Por cierto, el oyente final no se da cuenta habitualmente de que existen series; nuestro trabajo acaba siendo tan solo una contribución subliminal a la sensación global.

Cuando se va completando la lista de series, encajar las piezas que faltan se convierte en un puzzle. Quizás el tercer o cuarto *set* no funciona tan bien como el primero. Quizás una de las canciones no hace transición con otra. Llegados a este punto intento hacer una serie de una única canción, o pruebo si esa canción problemática puede funcionar mejor en una serie anterior, bien reemplazando una canción o añadiéndola a la serie previa. Puede ser frustrante, pero con tiempo todo acabará unido.

La excepción

Una canción puede sencillamente no encajar musicalmente con el resto. En un álbum de samba brasileña que estaba masterizando, la artista grabó también un número de semi-rock blues. Contó que en Brasil a todo el mundo le gustaba esta canción, así que no podíamos eliminarla del álbum, pero estilísticamente no pegaba como parte de ninguna serie. Al principio sugerí colocarla al final como una "pista extra", pero esto arruinaba el sentimiento con el que finalizaba el álbum original, una preciosa e introspectiva canción que realmente pertenecía al final. Finalmente, encontramos una ubicación para la canción infractora casi hacia la mitad de la secuencia, como una serie de una única canción, con una pausa lo suficientemente larga antes y después. Sirvió así como un puente entre las dos mitades del álbum.

El Modo Correcto de Terminar

Así que, ¿como finalizar el álbum? ¿Cómo es el bis final en un concierto? Casi nunca es un gran tiempo alto, porque sino la audiencia siempre pide "otro, otro, otro". Hay que dejarlos en un relajado, confortable "estado de animo de despedida", de lo contrario tendrá que hacer bises todo el tiempo. Esa es la razón de que el último bis sea habitualmente un número íntimo, o un solo, con un número más reducido de miembros de la banda. El mismo principio se aplica a la realización de un álbum. Normalmente yo trato de

crear un clímax, seguido de un desenlace. El clímax es obviamente una canción llena de excitación que finaliza en un agradable punto culminante, seguida de una o dos canciones más fáciles y relajadas para cerrar el álbum. Cuando encuentro la secuencia perfecta, ¡es un auténtico placer!

II. Dando espacios al álbum

La primera cosa a recordar es no contar nunca los segundos entre canciones. Los productores experimentados saben que la vieja regla de "4 segundos", "3 segundos" o "2 segundos" no se aplica en realidad, aunque está claro que la separación entre las pistas de los discos se ha ido reduciendo a lo largo de los últimos 50 años, al mismo tiempo que ha aumentado el ritmo de la vida diaria. El espacio correcto entre canciones nunca puede ser estimado o contado de una manera precisa, así que darle un número exacto es probablemente algo sin sentido. Diferentes personas comienzan a contar en momentos diferentes; los últimos momentos de un declive a menudo marcan el sentimiento del espacio entre las canciones. El ordenador puede objetivamente decir que un espacio es de tan solo 1 segundo, pero el oído puede tener la sensación de que se encuentra más cerca de los 2,5. Así que he dejado de contar segundos, y solamente me guío por la sensación. Como regla general, el espacio entre dos canciones rápidas es normalmente corto, el espacio entre una canción rápida y otra lenta es medio, y el espacio entre una canción lenta y una rápida es habitualmente largo. El espacio que sigue a un fundido de salida es normalmente muy corto, porque el oyente que se encuentra en una habitación ruidosa o en un coche no percibe su cola o parte final. A menudo tenemos que acortar los fundidos de salida y hacer segues*, o si no el espacio parecerá eterno escuchado en casa y especialmente en el coche. Dar espacios depende también del humor del productor y del momento del día. Si das espacios a un álbum por la mañana cuando te encuentras relajado, casi siempre éste suena más tranquilo que uno realizado por la tarde, cuando los corazones laten más rápido. La solución es ser consciente del ritmo interior y no poner espacio demasiado corto cuando te encuentres en un estado acelerado o demasiado largo cuando estés muy relajado; el resultado óptimo para el oyente será probablemente el promedio.

Considere el ritmo de un disco, que se ve afectado por el espaciado entre pistas. Tal y como describíamos arriba, a menudo queremos que la primera serie o set sea excitante, así que podría querer controlar el ritmo utilizando espacios más cortos en la primera serie y después espacios más ligeramente largos a partir de entonces. Trucos como este tienen cierto poder sobre la psicología del oyente. Una observación interesante es que si comienza con espacios estrechos y luego da una longitud "normal" al resto, los espacios normales parecerán demasiado largos, porque su sentido interno del tiempo ha sido alterado por el ritmo de la primera sección. La manipulación de los espacios para producir efectos especiales (por ejemplo, sorpresas), el hacer pausas súper rápidas o súper largas, dan resultados muy buenos.

Un cliente quería tener un espacio grande en la mitad de su CD de entre 8 - 10 segundos, para simular el cambio de caras de un LP. En vez de rechazar esta idea de plano (siempre respeto la aportación de la creatividad individual), probé este espacio extra-largo, ¡y funcionó! Esto se debió principalmente a su elección de canciones y al orden. La serie que daba a comienzo a la cara B tenía un sentimiento bastante diferente, y la larga pausa ayudaba a que resaltara, como el entreacto de un concierto.

A algunos ingenieros les gusta pensar en los espacios como si fueran marcas de puntuación. Existe

* *Segue* (pronunciado segwei) - un fundido encadenado o superposición de dos elementos. Definición del diccionario Webster: avanzar sin interrupción. Procede del italiano *seguire*. seguir, continuar.

una pausa o espacio correspondiente a la coma, al punto y coma, y al punto. Nunca juzgue un espacio dejando caer la aguja en el disco, esto es, escuchando 30 segundos o así del final de una canción, y a continuación el comienzo de la siguiente. El oyente seguramente necesitará un poco más de respiro antes de empezar la siguiente pista, sobre todo si es el espacio entre dos series. Este espacio de punto no parecerá como un punto cuando hayas escuchado toda la canción, o toda la serie en su contexto. La experiencia nos enseña a anticipar estos efectos, así que añadimos más aliento después de una canción emocionante y sabemos prever desde antes para mantener el sentimiento global. De todas formas, algunas veces el primer CD de referencia necesita ajustes en sus espacios.

Al preparar un álbum de pop de ritmo rápido, si estoy en duda prefiero hacer las pausas demasiado cortas antes que demasiado largas. En ocasiones cortaré una y otra vez un espacio entre canciones hasta que sea claramente demasiado corto y entonces le añado la soupçon necesaria para que suene "como tiene que ser", especialmente teniendo en cuenta que siempre parece más largo si se escucha en casa. Entonces aparece la pregunta del espacio ideal, en el que el ritmo de la canción anterior lleva muy bien al inicio de la siguiente, y donde contamos los compases necesarios para hacer aterrizar a la siguiente canción en dicho compás. Por último, existe el espacio misterioso, donde no está claro lo que funcionará mejor. Así que yo voy probando tanto los espacios largos como los cortos, y los voy amplio o reduzco poco a poco, hasta que es obvio que aproximación es la mejor.

No contábamos con este tipo de lujos en los días de la cinta analógica, y es interesante señalar que cuando un LP original llega para su conversión en CD, los espacios siempre parecen demasiado largos. Una razón, como he dicho antes, es el ritmo de vida más acelerado, pero la otra es que el ruido del vinilo actúa como un filtro. Cuando hay un silencio total entre pistas, los espacios siempre parecen mayores. Podría quitar 2 segundos o más de una pausa en un LP y esto siempre parecerá correcto en un CD.

III. La Codificación PQ

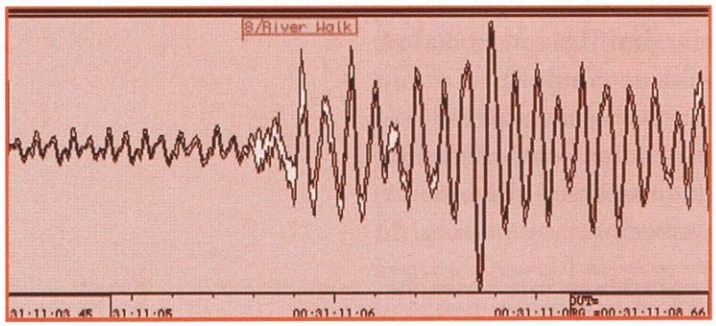
Los espacios y la Codificación (de pista) PQ

El estándar del Libro Rojo del CD (*Redbook Standard*) no permite oficialmente contar con pausas menores de 2 segundos entre pistas. Esto no quiere decir que no pueda tener un espacio de un segundo o menos entre canciones, tan solo significa que no habrá una pausa oficial entre las pistas, en donde el reproductor de CD continué contando hacia atrás (oficialmente esto se denomina Índice Cero). En vez de eso, la siguiente marca de pista funcionará además como la señal final de la pista anterior.

Cuando dos canciones se encadenan una a otra, la ubicación de la siguiente marca de pista es crítica, ya que los reproductores de CD se toman un tiempo finito para encontrar las canciones, que puede ser de hasta 5 fotogramas SMPTE en los reproductores más viejos. Así que si hay un solapamiento en la zona donde la canción previa se funde sobre la siguiente, la marca de la pista tiene que colocarse extremadamente cerca de la parte inicial de la siguiente canción, o si no los reproductores con una búsqueda de pista más lenta revelarán una parte de de la canción anterior.* En ocasiones esto no se puede evitar, pero muchas veces un ingeniero de masterización experimentado encontrará una solución. Los álbumes en directo con

* Conversely, there are one or two slow CD players that cue too late, missing the downbeat if the track mark is too close.

aplausos requieren una especial atención, tanto para la edición como para la codificación PQ; los fundidos entre canciones son muy desconcertantes para el oyente. Prefiero un álbum hecho con mimo que suene como un concierto continuo. Pero entonces llega la decisión de donde colocar las marcas de pista, porque no existen espacios muertos. Para los comienzos de pista, tengo en cuenta que los reproductores de CD más rápidos tardan 1 fotograma SMPTE en localizar una canción y los más lentos alrededor de 5 fotogramas, y trato de encontrar una ubicación de pista que no desvele el ruido anterior, o corto la parte superior del compás de la pista. Es un arte y una ciencia, y a menudo un compromiso cuando un ruido previo llega muy cerca del compás, tal y como se ilustra aquí.

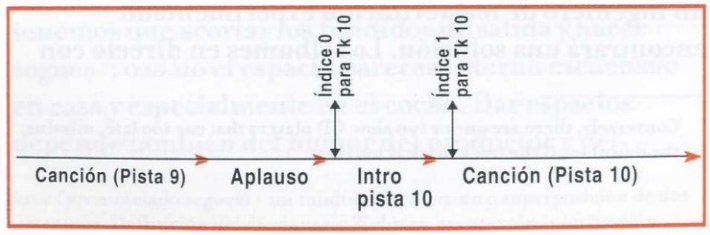


Marca de pista colocada muy cerca del compás, sin desplazamiento, para evitar oír los comentarios que vienen antes de la marca.

Escondiendo Información en el hueco

Cuando el corte de un álbum de un concierto se reproduce en la radio, a menudo es deseable comenzar la canción en el compás, pero al mismo tiempo el oyente en casa quiere escuchar el ambiente entre canciones y las introducciones carismáticas de los artistas. Para conseguir esta doble proeza, el ingeniero de masterización creativo se sirve del tiempo del Índice 0 y del Índice 1 del disco compacto, tal y como se ve en la siguiente figura.

En este ejemplo, la canción de la pista 9 finaliza con un aplauso, y el final oficial de la canción 9 está colocado en el Índice 0. El período de tiempo entre el Índice 0 y el Índice 1 se denomina *la pausa o tiempo de intervalo*, en el cual el reproductor de CD cuenta hacia atrás desde cero, pero en este caso existe sonido en este hueco. Esto permite que la función de reproducción aleatoria del reproductor ignore las partes aburridas o irrelevantes. De manera similar, las introducciones, los cuenteos, los golpes de las baquetas, etcétera, de las canciones de cualquier álbum pueden colocarse en este hueco para que no sean escuchados en la radio o en modo aleatorio. Hay que tener en cuenta que colocar los discursos en el tiempo de pausa, no incrementa la longitud oficial de cada pista. Desgraciadamente, los reproductores de CD más primitivos solo respetan el Índice 1, así que la introducción será tratada como el final de la pista anterior, produciendo algunos resultados incongruentes en la reproducción aleatoria. Es más, muchos reproductores de CD para ordenadores (basados en *software*) y muchos reproductores de DVD de hoy en día ignoran también el Índice 0, lo que está destruyendo una parte crítica del arte de la creación del Disco Compacto .* Para colmo, la mayoría de los reproductores de DVD localizan las pistas de los CD de un modo muy aproximado, revelando material no intencionado. Alerte a su congresista, o, mejor, a su representante de Sony o Philips de la rápida erosión del estándar del CD, lo que entorpece el arte que hemos disfrutado durante más de 20 años. A pesar de todo, siempre que masterizo código PQ asumo que se escuchará en reproductores de CD que respetan el estándar; no hay mucha más elección.



En este sentido, vale la pena tener cuidado ya que muchos duplicadoras de CDR amortiguan la pausa de

* En correspondencia, el segundo disco de una serie de discos múltiples que tenga un id de comienzo más alto que 1 bloqueará muchos ordenadores, según Bob Olson.

† Gracias a Dan Scout por esta información, tal y como se expuso en el excelente foro de internet *Mastering Webboard*.

audio, algunas veces incluso QUITANDO unos cuantos minutos y COLOCANDO solamente 2 segundos en blanco (la mínima longitud de pausa en el estándar de CD). Imagínese su clásico de Pink Floyd *El Muro.* que tiene sonido continuo, siendo cortado por accidente en la planta baja. Se ha comprobado que estas grabadoras graban en Modo Una Pista a la Vez (*Track At Once*), en vez de en Modo Un Disco a la Vez (*Disc at Once*), que simplemente clona el disco.† Ciertamente frustrante.

Compensaciones PQ

Dado que los reproductores de CD pueden variar en sus tiempos de reacción, el programa de edición puede aplicar compensaciones típicas, o mostrar los códigos PQ tal y como aparecerán en el disco. Por ejemplo, una compensación en el tiempo de inicio de 12 fotogramas de CD* significa que la marca de pista real se encontrará 12 fotogramas (160 ms) por delante de su localización visual en la pantalla si escoge mostrar la marca sin la compensación. Los ordenadores para la edición de audio digital más sofisticados le permitirán ensayar el efecto de búsqueda de pista con o sin compensaciones.

Los límites del Libro Rojo†

El Libro Rojo (*Redbook Standard*) especifica lo que es el Compact Disk. Un CD puede tener hasta 99 pistas y cada una de estas pistas puede contar hasta con 99 índices (también denominados subíndices). Raras veces codificamos los CD con índices, ya que muchos reproductores no los soportan y la mayoría de la gente no sabe como utilizarlos. Los ingenieros de música clásica solían codificar cada pieza principal con una marca de pista y los movimientos a través de los índices. Pero hoy en día, la mayoría de los CD de música clásica lleva una marca de pista para cada fragmento sucesivo.

La mínima longitud de pista es de 4 segundos. Los ingenieros de masterización han sabido crear una pista oculta insertando muchas "pistas" pequeñas en blanco, de 4 segundos, al final del CD, antes de la "oculta".

Un Disco a la Vez, Una Pista a la Vez y los Grabadores de CD autónomos

Nunca utilizaría un grabador de CD independiente para replicar CDR. No hay soporte para el Índice 0, y la ubicación del Índice 1 (la marca de pista) solo llega a la precisión de un botón manual. Además, cuando se graba una pista cada vez, estos grabadores independientes trabajan en modo Una Pista a la Vez (*Track At Once*), que da un error E32 en la zona del disco donde el láser deja grabar. Los aparatos integrados en un ordenador deberían ser ajustados para trabajar en modo Un Disco a la Vez (*Disc at Once*), lo que significa que el CD se escribe en un paso continuo.

Los PQ y la Latencia del Procesador

Desde que me gusta masterizar en sobrecarga con todos los procesadores en línea, tengo que tener en cuenta la latencia (demora) de todos los procesadores, que he visto que llega hasta los 12 fotogramas SMPTE en una cadena completa, incluyendo el muestreo y el ecualizador de fase lineal, que posee una tremenda latencia de procesador. El truco es medir la demora y desplazar las marcas de PQ según esta cantidad.

Pista ocultas en el Prehueco (***Pregap***)

Algunos reproductores de CD tienen la capacidad de rebobinar delante de la pista uno; esto se conoce como el prehueco o primer Índice 0. Una compañía afirmaba tener los derechos para colocar pistas ocultas en esta posición, pero incluso esto no está permitido en el Libro Rojo y muchas fábricas no procesan Discos Compactos que lleven una pista oculta en el prehueco. Por lo que yo sé, no hay manera de producir un DDP con esta característica, así que solo originales de CDR pueden ser producidos así, si el ordenador para la edición de audio digital lo permite.

---

* Hay 75 fotogramas de CD en un segundo, a diferencia de los fotogramas SMPTE que son 30 por segundo.

† **El Libro Rojo** (*Redbook*) establece los estándares para el CD de audio tal y como los definieron Sony y Philips.

IV. La Edición

Me encanta el arte de la edición, porque proporciona gratificación instantánea. No hay nada como provocar cien sonrisas en un día, ¡una después de cada edición exitosa! Creo que debería escribirse un libro completo sobre las técnicas de la edición, pero en última instancia la destreza de la buena edición solo puede aprenderse a través de la experiencia dirigida: en la escuela de la vida, y a través de todo un aprendizaje. Un buen ingeniero de cuenta con una estética de la edición bien desarrollada, que nos ayuda a transformar un trabajo en bruto en una obra maestra sonora.

El propósito de esta corta sección es analizar parte de lo que se puede hacer en la edición de audio digital, y lo que se espera de una buena masterización de audio. Con la utilización de estaciones de trabajo sofisticadas, podemos llevar a cabo ediciones que eran imposibles en los días de la cinta analógica y la hoja de afeitar. Una vez me pasé 30 horas editando meticulosamente una versión hablada de una novela, una tarea que ahora puede ser completada en un único día. El modo de edición de lista de reproducción de SADiE hace esto muy fácil.

El Cuento de la Cabeza y la Cola

La edición de los comienzos y los finales es una práctica importante, nacida de la experiencia y el conocimiento musical.

Limpieza del ruido inicial. Ya que los ruidos mecánicos pueden distraer fácilmente la atención del oyente del sentimiento emocional y de la participación en la música, un trabajo de masterización debería sonar consistente y liso (a menos que lo que se pretenda sea un estilo desafinado y nervioso). Por ejemplo, los equipos de masterización nos permiten editar el comienzo de una canción con un cuidadoso fundido de entrada. En ocasiones este fundido de entrada se realiza rápidamente (lo que equivale a un corte de 90 grados), porque en cierta música el ritmo es el rey. Pero esto a menudo no suena bien con música suave, especialmente en fragmentos que comienzan con un solo vocal o con instrumentos acústicos. Un delicado solo acústico de guitarra puede sonar abrupto, si el eco de la estancia y el ruido de preamplificación son subidos bruscamente desde el silencio. A menos que le demos la velocidad correcta y forma a este fundido de entrada, el ruido del aire (el sonido de la habitación) llamará la atención por si mismo.

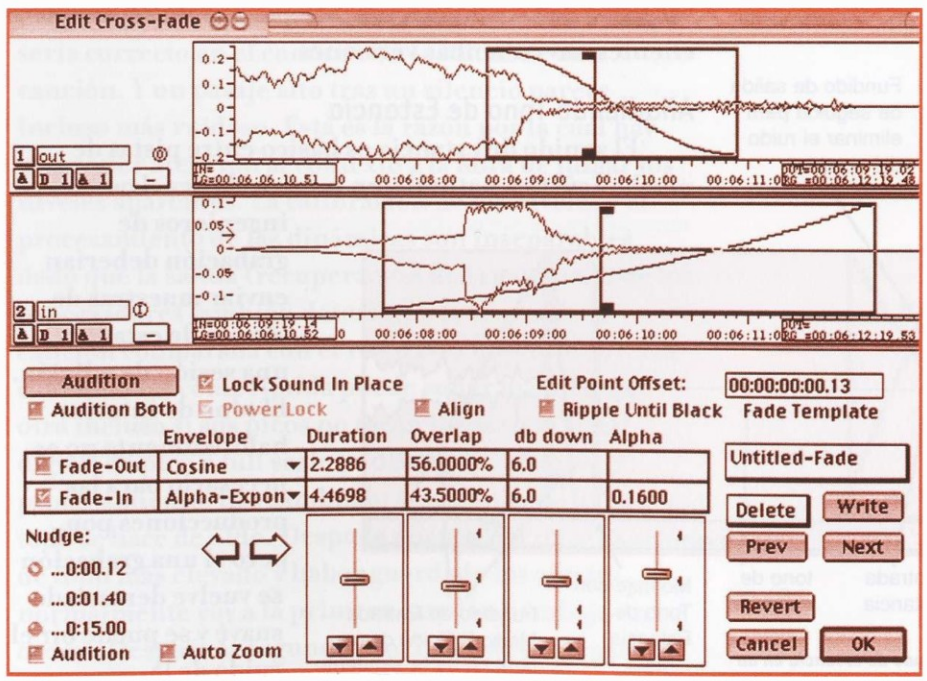
Anticipación Natural. Tenemos también que ser conscientes del importante papel que juega la anticipación natural: la respiración humano antes de la voz, o el movimiento de la mano del guitarrista antes de un rasgueo de guitarra, o el movimiento de los dedos y teclas antes de escuchar un compás de piano. A menudo suena antinatural cortar este tipo de anticipaciones; no me gustan los comienzos de canciones que suenan cortados porque el ingeniero de grabación ha cortado el aire, el espacio, la respiración o incluso los sutiles movimientos de los músicos. Si la respiración está bien incluida, pero se oye demasiado, entonces un fundido de entrada suave puede producir la estética adecuada. Aconsejo a los ingenieros de mezclas que no corten la parte primera de las canciones cuando envíen las canciones para su masterización, ya que el ingeniero de masterización cuenta probablemente con herramientas mejores para arreglarlo, y un ambiente tranquilo y meditativo para tomar de manera adecuada estas decisiones creativas. El 60% de las veces quito estos ruidos extras, pero aprovecho el resto para ayudar al sentimiento subliminal y al ritmo del álbum.

La limpieza de la parte final. A veces la parte que cierra una canción contiene ruido de músicos o del equipo, lo que atrae la atención en si mismo, debido a la transición desde el ruido al silencio que se da entre

fragmentos. La solución más simple y común es la que se denomina *fundido de continuidad*, que habitualmente es un coseno o fundido al silencio en forma de S. Un buen ingeniero de masterización puede emplear un minuto o más en dicho fundido, para asegurarse de que la parte final del sonido ambiente o la reverberación no suenen cortado, mientras al mismo tiempo, el siseo o ruido va descendiendo hasta el silencio, justo a la velocidad adecuada para que esto no sea apreciado. Podemos aprovecharnos del hecho de que el siseo y el ruido están enmascarados por la señal derecha de la amplitud, así que el fundido de continuidad puede y debe, ser ligeramente más lento que el declive natural. El delicado desvanecimiento de un acorde de piano al final de una canción debería sentirse como si estuviese finalizando de modo natural, incluso si se está tratando de evitar el ruido sordo que produce soltar el pedal. Algunos sofisticados equipos de trabajo poseen curvas en S invertidas, que nos permiten incrementar la ganancia en la zona final, después de haberla previamente disminuido, con el fin de escuchar algunos tenues detalles internos.

Los fundidos de salida. Creo que un fundido de salida musical que suene bien, es aquel que nos hace pensar que la música todavía suena; seguimos marcando el ritmo con nuestros pies incluso después de que el sonido haya cesado. Aunque podemos aplicar la misma forma de coseno que utilizamos para los finales, los fundidos de salida son un arte distinto en si mismo. Típicamente, un fundido de salida comienza lentamente, y después va disminuyendo de manera rápida, imitando el movimiento natural de la mano sobre un potenciómetro, porque a la mayoría de la gente no le gusta sentarse y escuchar un fundido dure demasiado tiempo. Por otra parte, un fundido de salida no debería sonar como una caída desde un acantilado, y a menudo en la masterización nos encontramos con material que debe ser reparado, porque el ingeniero de mezclas dejo caer la parte final del fundido demasiado deprisa. Ya que editar es como tallar jabón, recomiendo que los ingenieros de mezclas envíen material sin fundir para que éste pueda ser refinado en la masterización. Es difícil reparar satisfactoriamente un fundido que sea demasiado rápido al final; en ocasiones una curva en forma de S ayuda, y en otras podemos aplicar una disminución por encima de la bajada original.

Añadiendo al final. Aunque editar es como esculpir jabón, en ocasiones somos llamados a hacer más jabón. Y el jabón que creamos ¡puede sonar más auténtico que lo que tenía que ser cortado! Si los músicos o instrumentos hacen un ruido que distrae durante el desfallecimiento del sonido ambiente, éste sonará como manipulado o cortado si realizamos un fundido de continuidad para eliminar los ruidos. En la figura de abajo se ve un fundido de continuidad, a la derecha del cual puede apreciarse el ruido hecho por



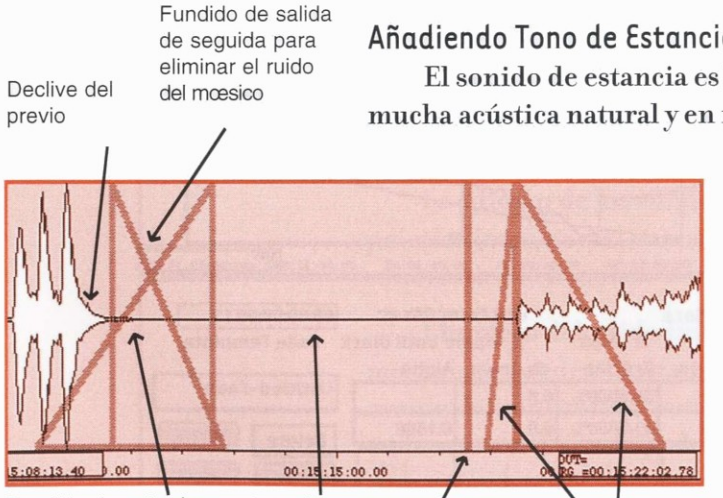
Haciendo un añadido a la parte final a través de un fundido encadenado con una reverberación artificial.

los músicos. Desgraciadamente, estos ruidos se dan durante el final de la reverberación, así que el ambiente suena cortado. El truco es introducir, solo en la parte final de la música, una reverberación artificial de alta calidad y capturar esto en la estación de trabajo, lo cual puede distinguirse en el panel inferior. Fíjese también en que el predesfallecimiento de la reverberación pospone su propia aparición. Esto puede ser ajustado en la ventana de fundido encadenado del ordenador, que nos permite dar forma, calcular, y ajustar cuidadosamente el nivel de la transición a esta reverberación artificial, de un modo que puede sonar completamente sin costuras. Así hemos realizado lo imposible: ¡volver a colocar el jabón en la escultura!

En ocasiones, una cinta analógica puede tener mucho eco o siseo al final de la canción. Si añadido de una parte final con reverberación no funciona bien, en este caso es aconsejable montar hacia la versión digital "segura" de la composición, así que yo aconsejo a mis clientes enviar ambas versiones.

Añadiendo Tono de Estancia

El sonido de estancia es básico entre pistas de mucha acústica natural y en música clásica. Los ingenieros de grabación deberían enviar muestras de sonido de estancia a una sesión de edición. El tono de interior habitualmente no es necesario para las producciones pop, pero si una grabación se vuelve demasiado suave y se puede oír el ruido de la habitación, de repente ir al *negro sonoro* puede ser desconcertante. El objetivo es que la atención del oyente no se fije en el comienzo o eliminación del ruido, tal y como se ilustra en la figura de la izquierda.



La edición de tono de estancia en un trabajo acústico requiere una considerable habilidad. Un montaje no debe llamar la atención por si mismo.

El sonido de estancia debe ser grabado con antelación como una toma separada "de silencio" sin músicos en la habitación. Si el sonido de estancia no es proporcionado en una toma separada por el ingeniero de mezclas (al menos 4 segundos, preferiblemente 10 segundos o más), es casi imposible para nosotros fabricar una transición convincente y tenemos que conformarnos con un fundido desde/hacia el silencio. En momentos de testarudez he llegado a crear un sonido de habitación a medida, dando forma al ruido rosa, pero esto puede ser un proceso que lleve mucho tiempo (y por tanto, caro).

Reparando Malos Montajes. Un tipo de mala edición es aquel donde la reverberación de una toma ha sido cortada por la inserción de una nueva. Este es un clásico error causado por el productor, al dar instrucciones a los músicos de que comiencen la nueva toma exactamente en el punto que se va a dar la edición, en vez de unas pocas barras antes, lo que es una práctica mucho mejor, que no solo dará a los músicos un comienzo extendido, sino que también hace que el editor trabaje con la paulatina disminución de la reverberación de la nota anterior. Como el productor no graba la reverberación, el oído se da cuenta del corte que se produce, que no es enmascarado por el transitorio comienzo del siguiente compás. Afortunadamente, en lo que se refiere a la masterización, podemos reparar algunas de estas ediciones defectuosas incluso si las tomas originales no se encuentran disponibles. El truco es separar la toma original y la insertada en el punto de edición, utilizar una cámara de reverberación artificial para recrear el final que falta como decíamos antes, y volver

entonces a unir el montaje. Como esto involucra mezclar más de dos elementos, en ocasiones es necesaria más de una pista (estéreo o *surround*) para esta breve mezcla.

Editar y Montar álbumes de concierto puede ser un gran placer. El álbum de concierto editado es el ejemplo perfecto del principio de deliberada suspensión de la incredulidad porque el aplauso de la vida real casi nunca dura tan poco como 15 ó 20 segundos, y los artistas de la vida real tienen que parar para afinar sus instrumentos. El objetivo es reducir el concierto a su esencia para que el oyente de casa nunca se aburra al volverlo a escuchar. La edición del aplauso es un arte; tienes que estar familiarizado con el sentimiento del aplauso natural. Cortar el aplauso y el ambiente entre diferentes actuaciones ejerce el poder de los fundidos encadenados de los equipos. Nunca puede haber silencio entre las actuaciones, debe haber cierto grado de sonido de estancia (ambiente de público). El sonido de estancia que precede a un número tranquilo tiene una cualidad muy diferente al sonido del público al final de una canción ruidosa, y es necesario crear una imperceptible transición entre ambas. Mi enfoque es realizar la mayor parte del corte en un par de pistas (para el estéreo), y donde sea necesaria una ayuda para hacer las transiciones, mezclarlo en una cama de sonido ambiente de compensación en otro par de pistas. Una vez coloqué un bucle de ambiente de público bajo el único corte de estudio en un álbum en directo, y ¡hasta hoy nadie ha sido capaz de de imaginarse que pista es la sustituta!

V. Ajustando los niveles del álbum

Cuanto mayor es el rango dinámico de una grabación, más difícil es juzgar el "nivel medio" y tienes que escucharlo en varios momentos. Habitualmente comienzo con la canción más alta del álbum y encuentro así su punto más alto. Entonces creo el procesamiento para generar el impacto que estoy buscando, mantengo el monitor en la ganancia predeterminada, y hago que el resto de las canciones funcionen juntas en esa ganancia del monitor. El resto del álbum entrará dentro de esa misma línea una vez que la canción de tonalidad más alta tenga su propio nivel e impacto. Durante el procesamiento de esta canción más ruidosa, es importante asegurarse de que la cadena de procesadores está en su óptimo nivel de ganancia sin sobrecarga; este es la prueba para el resto del álbum. Estos días, los limitadores digitales evitan pasar "por encima del nivel" (distorsionar el sistema digital), aunque un limitador muy sobrepasado produce un sonido aplastado y desagradable (ver los Capítulos del 9 al 11 sobre dinámicas).

El oído juzga el nivel por comparación con los circundantes, y se adapta a los pasajes altos y suaves, bajando y subiendo su ganancia humana. Así, un comienzo suave puede parecer demasiado suave después de un clímax elevado, pero el mismo nivel sería correcto en el contexto de la mitad de una canción. Y un pasaje alto tras un silencio parece incluso más ruidoso. Esta es la razón por la cual hay que poner atención al contexto a la hora de juzgar los niveles aparentes. La calibración de los niveles y el procesamiento de las dinámicas son inseparables, dado que la salida (recuperación de la ganancia) de los procesadores también determina la fuerza de la canción comparada con el resto (ver Capítulo 10). Un canción más comprimida puede sonar más alta que otra incluso si sus picos no tocan la máxima señal digital de pico o full scale (0 dBFS). Si cambias el procesamiento, has cambiado también su nivel, así que todo se hace de oído. Después de trabajar en la canción de tono más elevado y haber guardado los ajustes, normalmente voy a la primera canción y trabajo en orden. Después la segunda canción, y a continuación compruebo la transición entre la primera y la segunda.

En una buena sala de masterización, esta transición habitualmente funcionará sin ningún ajuste fino porque hemos estado controlando que estuviera en un nivel consistente de ganancia mientras llevábamos a cabo nuestras decisiones. Si una canción parece demasiado fuerte o suave en contexto, hago un ligero ajuste en su nivel hasta que funcione unida, o en ocasiones aumento el espaciado para "limpiar el oído". Si la primera canción es acalorada y de tiempo alto y la segunda comienza discretamente, a veces es necesario poner más alto el comienzo de la segunda canción para que funcione dentro del contexto. Así que puede ver porque es tan importante haber ordenado el álbum antes de llevar a cabo la masterización.

Los comienzos, finales, o momento medios extra-suaves requieren una atención especial. Los aparatos lectores son bastante inútiles en esta cuestión, solo la experiencia nos dirá cuando algo es demasiado suave y debe ser aumentado. En los capítulos que van del 9 al 11, entraremos en algunas técnicas manuales y automáticas para la modificación del rango dinámico interno.

¿Fatiga Auditiva? Después de calibrar los niveles y procesar la última canción, siempre reviso las canciones número uno y dos, para asegurarme de que todavía encajan bien en el contexto. Puede tenerse que dar pequeños retoques para la optimización del primer par de canciones. O puedo darme cuenta de que el álbum ha ido creciendo en amplitud debido a la fatiga de oído y que las últimas canciones pueden necesitar ser rebajadas.

El Efecto Domino

Una calibración de niveles demasiado entusiasta (donde el ingeniero o productor está tratando de hacer que cada canción sea muy fogosa) puede producir un *Efecto Domino.* De repente, la canción que solía ser la más alta, ya no suena tan fuerte como lo hacía antes. Esto es psicoacústica en acción, o posiblemente fatiga auditiva. ¡No puede ser que cada canción sea la más alta! Si la canción más ruidosa estaba antes bien, el problema puede ser una no intencionada progresiva acentuación del álbum. En vez de intentar llevar la canción más allá, aplastándola así con el limitador, yo trato de rebajar la canción anterior incluso en unas cuentas décimas de dB, lo que restaurará el impacto de la siguiente canción a través del contraste.

Capítulo 8

Técnicas de ecualización

I. Introducción

Interacción

MLa masterización es el arte del compromiso. Es el arte de saber lo que es posible sonoramente, y después llevar a cabo decisiones bien fundamentadas sobre lo que es más importante para la música. El primer principio de masterización es este: *Cada acción afecta a otra cosa.* Este principio significa que no podemos importar tal cual costumbres de otro sitio a la habitación de masterización. La práctica de ecualización es un caso especialmente claro de que una técnica usada en la masterización es crucialmente diferente de una técnica aparentemente similar usada en las mezclas. Por ejemplo, a la hora de masterizar, el ajuste de los bajos inferiores de una mezcla estéreo afectará a la percepción de los extremos de los altos. Del mismo modo, si una batería suena apagada pero las voces suenan bien, entonces nueve de cada diez veces, la voz sufrirá cuando trate de ecualizar la batería.[1] Estos problemas suceden incluso entre elementos del mismo rango de frecuencia: cuando trabaja sobre el bombo, por ejemplo, la guitarra de bajos se verá más que probablemente afectada, a veces para mejor, a veces para peor. Si el bombo necesita ecualización pero el bajo es correcto, podría hacerse con una ecualización selectiva, cuidadosa, para "hacer pasar por debajo del bajo" a lo fundamental de la batería, en algún lugar por debajo de los 60 Hz. Pero muy a menudo un bombo exhibe problemas en sus armónicos que pueden solaparse con el rango del bajo. Un problema de resonancia en el bajo puede ser

> *"La masterización es el arte del compromiso"*

contrarrestado por bajadas de alrededor de 80, 90, 100 Hz... Pero esto puede afectar las frecuencias más bajas de las voces o del piano o de la guitarra. En ocasiones no podemos decir si un problema puede ser arreglado hasta que lo intentamos. Nunca deberíamos prometer milagros a un cliente - de ese modo se vuelven locos de alegría cuando podemos proporcionarles uno.

II. ¿Qué Es un Buen Equilibrio Tonal?

Quizás la primera razón por la que los clientes vienen a nosotros, es verificar y obtener un adecuado equilibrio tonal. Lo que se produce en los principales estudios de masterización es marcadamente consistente, lo que indica su muy exacta monitorización. Mientras que es posible ayudar a ciertos instrumentos de manera individual, en la mayoría de las ocasiones nuestro objetivo es producir un buen equilibrio del espectro. Pero exactamente ¿qué es un "buen" equilibrio tonal? Al oído le atrae la tonalidad de una orquesta sinfónica. En un analizador de espectro, la sinfonía siempre muestra un balanceo gradual en las altas frecuencias, y así lo hacen la mayoría de los buenos *masters* de música pop. La cantidad de este balanceo varía considerablemente según el estilo musical e incluso el momento en la música, así que los ingenieros de masterización raramente* utilizan la pantalla del analizador de espectro para realizar juicios de ecualización.

> *"La práctica es la mejor de todas las instrucciones"*
> — Galletita china de la suerte

Todo comienza con el rango medio. Si el rango de medias frecuencias es pobre en una grabación de rock, es como sacar las violas o los instrumentos de viento de la sinfonía. Las frecuencias fundamentales de las voces, la guitarra, el piano y otros instrumentos deben ser correctos, o no se puede hace nada bien. La tarea del ingeniero de masterización es asegurarse de que el equilibrio tonal se encuentra dentro del rango de lo aceptable, que las cosas no *sobresalen* de manera inapropiada, que el sonido es agradable, cálido y claro, y que es correcto para la canción y el género. Algunas piezas de música requieren de platos relajados, otras están simplemente pidiendo a gritos un *lavado de cara;* con los monitores adecuados y experiencia es posible saber que ecualización es adecuada.

Mientras buscamos siempre un estándar absoluto en la ecualización, una grabación puede tener un color intencionado, por ejemplo, un sonido más brillante, más fino, y el oído se "entrenará" a sí mismo y aprenderá a aceptar una ligera desviación del nivel neutral.[2] Una vez que el oído ha sido "entrenado", si pones en medio de esto una canción ecualizada de manera natural, en comparación parecerá espesa y embarrada. El ingeniero de masterización está allí para asegurarse de que la desviación del nivel neutro no sea excesiva, porque si es así entonces el sonido no se traducirá de manera adecuada en la más amplia gama de sistemas de reproducción. Debemos reconocer cuando una vocal sibilante es aceptable, o debe ser controlada, por razones estéticas y técnicas.[3]

Géneros musicales especializados

Trato de mantener el equilibrio sinfónico tonal en mi cabeza como una referencia básica para la mayoría de la música rock, pop, jazz, internacional, y música folk, especialmente en el equilibrio de las medias a altas frecuencias. Esto funciona la mayoría de las veces. Pero algunos géneros musicales especializados utilizan deliberadamente equilibrios de frecuencia muy diferentes, y para ellos el ideal sinfónico no es el apropiado. Por ejemplo, en algunos estilos de música,

* No utilizamos el analizador de espectro para juzgar el equilibrio musical, pero es útil tenerlo cerca para sacar a la luz problemas, p. ej., identificar ruidos en frecuencias discretas o ruidos de ultrafrecuencias o de muy baja potencia

'demasiado' (o 'demasiado poco') bajo es justamente lo correcto. Puede pensar en el Reggae como en una sinfonía con muchos más instrumentos de bajo, mientras el punk rock es a menudo extremadamente agresivo, delgado, estridente y brillante. Las voces de punk pueden ser delgadas y metálicas sobre un denso fondo musical, con las relaciones armónicas fundamentales completamente forzadas. Cuando esto se hace para una grabación completa puede ser fatigoso, pero puede ser interesante y especial de manera musical cuando es una parte de la variedad artística de la grabación.*

Sea consciente de las intenciones de las mezclas

La ecualización (y otros procesamientos) afectan más que simplemente la tonalidad - puede afectar el equilibrio interno de las mezclas. Así que un buen ingeniero de masterización debe ser capaz de evaluar las intenciones en las mezclas del productor/ingeniero/músicos, y ser sensible a las necesidades del equipo de producción. No debemos modificar inintencionadamente interrelaciones instrumentales cuidadosamente construidas. Por ejemplo, aumentar el nivel de bajos para obtener una tonalidad más cálida inevitablemente aumentará el nivel de, digamos, el bajo en comparación con, digamos, el vocalista. A veces esto es exactamente lo que el productor buscaba, porque es posible que la falta de la calidez sea producto de una cuestión de monitorización en el entorno de las mezclas, y las mismas cuestiones que causan una falta de calidez pueden estar también reduciendo el nivel del bajo en términos absolutos. En cualquier caso, cuando siento que estoy afectando a un equilibrio, siempre explico mis sensaciones al productor para asegurarme que el "defecto" que yo percibo en el equilibrio no era intencionado.

* Si, ¡hay grabaciones de punk rock artísticas! Creo que la integridad musical del artista es lo que determina el valor de una grabación, no el estilo en el que trabajan.

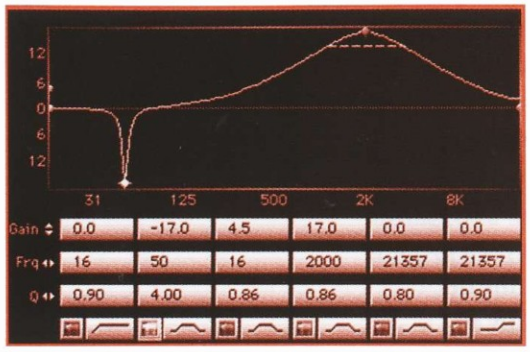
III. Técnicas de ecualización

Ecualizadores paramétricos

Existen dos tipos básicos de ecualizadores - paramétricos y en estantería - denominados así por la forma de su curva característica. En la grabación y en las mezclas se prefiere el ecualizador paramétrico. Inventando por George Massenburg alrededor de 1967[4], la paramétrica es la curva más flexible, y proporciona tres controles: concentrador de frecuencia, ancho de banda, y nivel de realce o de grabación. A los ingenieros de mezclas les gusta utilizar las paramétricas en los instrumentos individuales, bien realzando para sacar su característica de claridad o más saliente, o disminuyendo de manera selectiva para eliminar problemas, o en virtud de la bajada para exagerar los otros rangos. El paramétrico es también el ecualizador más popular en la masterización, ya que puede ser utilizado de manera quirúrgica para eliminar ciertos defectos, como los instrumentos de bajo excesivamente resonantes. Un ecualizador más sencillo (no paramétrico) tiene una frecuencia y un ancho de banda fijo y únicamente el nivel es ajustable por bandas.

Sobre el Q y el ancho de banda

El ecualizador Q se define matemáticamente como el producto de la frecuencia central dividido por el ancho de banda en Hertzios en los puntos de 3 dB abajo (arriba) medidos desde el pico (declive) de la curva. Un Q bajo quiere decir un alto ancho de banda, y viceversa. La primera figura de la página siguiente muestra dos ecualizadores paramétricos con niveles extremos a modo ilustrativo: A la izquierda, un corte de 17 dB a 50 Hz con un Q muy estrecho de 4, que es de 0,36 octavas. El ancho de banda es de 12,5 Hz. A la derecha, una elevación de 17 dB centrada a 2 kHz, con un Q bastante amplio (suave) de 0,86, que es de 1,6 octavas. El ancho de banda es 2.325 Hz representados por la línea blanca de rallas.*

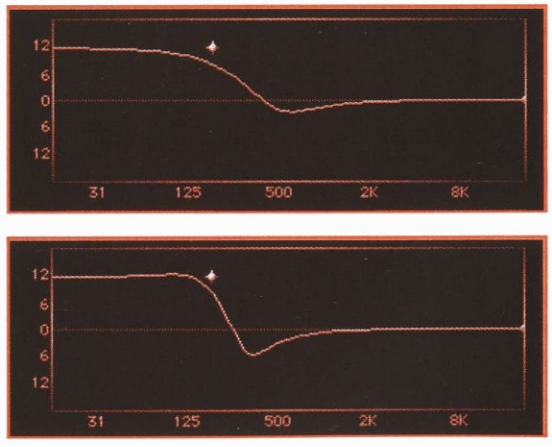


Un ecualizador paramétrico con un realce de +17 dB centrado a 2 kHz, con un ancho de banda bastante ancho de 1,60 oct (Q 0 0,86), indicado por la blanca línea de rallas en los puntos 3 db abajo. Un corte de -17 dB a 50 Hz con un ancho de banda muy estrecho de 0,36 octavas (Q = 4).

La elección de un alto o bajo Q depende de la situación. El ecualizador suave inclina casi siempre el sonido de una manera más natural que los más cortantes, así que los Qs de 0,6 y 0,7 son por tanto muy populares. Utilice el más alto (más agudo) Q (mayor que 2) cuando necesite ser quirúrgico, como cuando se tratan resonancias de banda estrecha o ruidos de frecuencia discreta. Es posible trabajar en tan solo una nota con un ecualizador suficientemente de banda estrecha. También utilizo un Q mayor cuando quiero enfatizar un instrumento con un mínimo efecto sobre otro instrumento. Por ejemplo, un programa pobremente mezclado puede tener un bajo muy débil; incrementar el nivel del bajo alrededor de 80 Hz puede ayudar al bajo pero enturbiar las voces, en cuyo caso estrecho el ancho de banda de la elevación del bajo hasta que deja de afectar a las voces. La técnica clásica para encontrar una resonancia es **concentrar el ecualizador:** comience con un gran incremento de nivel (en vez de un corte) para exagerar la resonancia no deseada, y un Q bastante amplio (valor bajo), después extienda las frecuencias hasta que la resonancia este lo más exagerada, después estreche el Q para ser quirúrgico, y finalmente, disminuya la ecualización la cantidad deseada.

Ecualizadores en estantería

Un ecualizador de estantería afecta al nivel del rango entero de baja o alta frecuencia por debajo o por encima de una frecuencia especificada. Por ejemplo, un estante de una altura de 1,5 kHz afecta a todas las frecuencias por encima de 1,5 kHz. En la masterización, los ecualizadores en estantería asumen un papel en aumento, porque estamos tratando con material programado en su totalidad. Una variante interesante de la forma de estante estándar puede encontrarse en el ecualizador Waves Renaissance y Manley's Massive Passive, ecualizadores muy útiles para la masterización. Esta *banda resonante* esta basada en la investigación del psicoacústico Michael Gerzon, que cree que es una forma muy deseable. Me gusta pensar en ello como una combinación de un incremento de estantería y un declive paramétrico (o viceversa). En la figura superior, un estante de bajos de 17,7 dB de un Q bajo (0,71) por debajo de 178 Hz es aplacado por un suave declive paramétrico por encima de 178 Hz, todo controlado por una única banda del ecualizador. Esto es un incremento extremo a modo ilustrativo, pero este tipo de curva puede ser útil para evitar que las voces suenen espesas mientras se implementa un incremento del bajo.La figura inferior muestra el mismo incremento con un alto Q de 1,41.



***Superior:** Estante resonante de Gerzon con un Q bajo. **BInferior:** El mismo con un Q alto. El declive justo después del realce de frecuencia en estantería es característico del estante resonante de Gerzon.*

Los ecualizadores de estantería pueden tener un Q alto o bajo, estando Q definido como la inclinación de la estantería a su punto 3 dB por encima o por debajo.

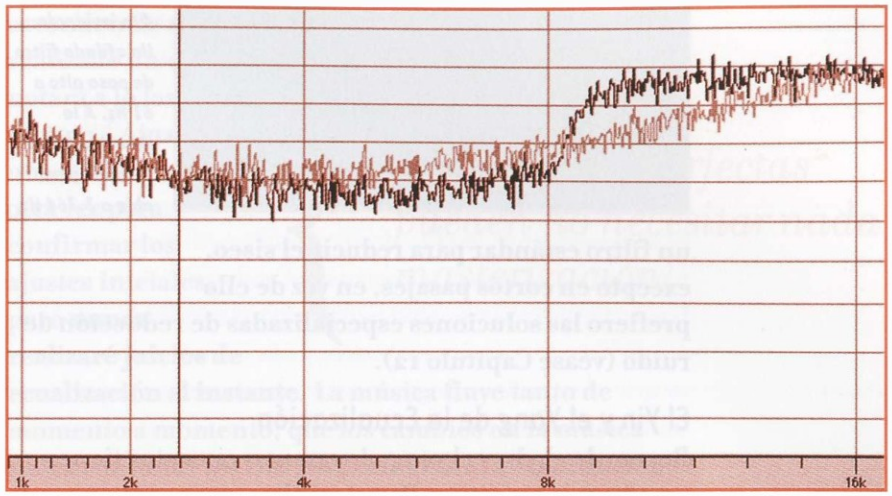
La Utilización de Baxandall para el aire

Tal y como mencione en el Capítulo 3, la *banda de aire* es el rango de frecuencias entre 15 y 20 kHz, las frecuencias más altas que podemos escuchar. Un

* Muchos ecualizadores definen el ancho de banda en octavas en vez de en Q. El Apéndice 6 contiene una práctica tabla para la conversión entre Q y ancho de banda.

sistema exacto de monitorización indicará si estas frecuencias necesitan ayuda. Se contraindica un *incremento del aire* si esto hace al sonido estridente, o si de manera inintencionada trae al frente a instrumentos como los platos en la imagen de profundidad. Muy poca gente conoce una tercera e importante curva que es extremadamente útil en masterización: La curva Baxandall (representada a la derecha). Los controles de tono de alta fidelidad toman habitualmente como modelo la curva Baxandall. Como los ecualizadores de estantería, una curva Baxandall se aplica a incrementos/cortes de alta o baja frecuencia. En vez de alcanzar una meseta (estante), la Baxandall continúa aumentando (o disminuyendo), si se esta cortando en vez de incrementando el nivel. Piense en las alas desplegadas de una mariposa, pero con una curva suave aplicada. Puede simular un realce Baxandall de alta frecuencia colocando un ecualizador paramétrico (Q = aproximadamente a 1) en el límite de alta frecuencia (aproximadamente 20 kHz). La parte de la curva de campana por encima de 20 k es ignorada y el resultado es un aumento gradual que comienza alrededor de 10 k y alcanza su extremo a 20 k (véase la figura). Esta forma a menudo corresponde mejor a los deseos del ojo que cualquier curva de estante estándar y un incremento Baxandall de alta frecuencia crea una gran ecualización del aire.

Tenga cuidado al hacer incrementos de las altas frecuencias (añadir *brillos*). Son inicialmente seductores, pero fácilmente pueden resultar fatigosos. Además, el oído a menudo trata a un realce de alta frecuencia como un adelgazamiento del rango medio inferior, lo que cambia completamente el equilibrio buscado en el programa o en la mezcla. Los altos se incrementan, pero por ejemplo, los platos, el triángulo y la pandereta también resultan más altos. ¿Va esto en consonancia con el propósito musical? De acuerdo con el primer principio de la masterización debe prestar atención al equilibrio instrumental y vocal, así como al

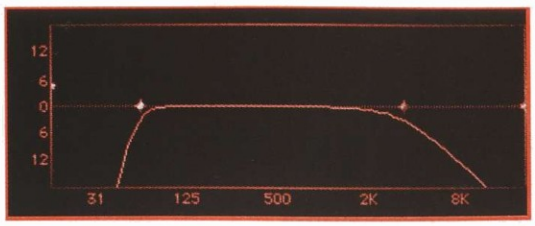


Suave curva Baxandall (en rosa) frente a una afilada curva en estantería Q (en negro). Muchos ecualizadores en estantería tienen curvas más suaves y puede aproximarse a la forma de la Baxandall. Pruebe una estantería con una inclinación de 3 dB por octava para este propósito.

equilibrio tonal, cuando se hacen cambios en cualquier rango de ecualización.

Filtros de Paso Alto y Paso Bajo

A la izquierda del gráfico de la siguiente página hay un afilado filtro de paso alto (corte bajo) a 61 Hz, y en la derecha un suave filtro de paso bajo (corte alto) a 3.364 Hz. Las frecuencias se definen como los puntos donde el filtro está a menos 3 dB. Los filtros de paso alto y de paso bajo se utilizan para solucionar problemas de ruido en la masterización, pero pueden crear sus propios problemas como pronto veremos. Son difíciles de utilizar de manera quirúrgica, porque afectan a todo lo que hay por encima o por debajo de una cierta frecuencia. Los filtros de paso alto se utilizan para reducir los ruidos sordos, los golpes, los sonidos producidos por consonantes oclusivas o plosivas y otros ruidos. Los filtros de paso bajo son utilizados en ocasiones para reducir el siseo, aunque el oído es más sensible al siseo en el rango de 3 kHz, un declive paramétrico puede ser más quirúrgico que la solución radical del filtro de paso. Raramente aplico



A la izquierda: Un afilado filtro de paso alto a 61 Hz. A la derecha: Suave filtro de paso abjo a 3.364 Hz.

un filtro estándar para reducir el siseo, excepto en cortos pasajes, en vez de ello prefiero las soluciones especializadas de reducción de ruido (véase Capitulo 12).

El Yin y el Yang de la Ecualización

Recuerde el yin y el yang: dos rangos opuestos tienen un efecto interactivo. Por ejemplo...

- Un ligero declive en el rango medio inferior (~250 Hz) puede tener un efecto similar a un incremento de nivel en el rango de presencia (~5 kHz).
- Añadir bajos hará que los altos parezcan más apagados y una reducción de los bajos dará al sonido más brillo.
- El añadido de altos extremos entre 15-20 kHz hará que el sonido parezca más pobre en el rango medio inferior/bajos.
- Calentar una voz reducirá su presencia.

"Recuerde el yin y el yang: Los rangos opuestos tienen un efecto interactivo"

Las consideraciones yin y yang implican que es probable que tenga que trabajar en dos rangos opuestos al mismo tiempo para asegurar que el sonido sea a la vez cálido y claro. Aproveche el yin y el yang cuando el nivel sea demasiado alto - seleccione la banda de frecuencia que pueda reducir de nivel. Las estridencias en el rango medio superior/altos inferiores pueden ser combatidas de varias maneras. Por ejemplo, una sección de trompeta de sonido chillón puede ser mejorada con una reducción en los 6-8 kHz, y/o un incremento de cerca de los 250 Hz. De cualquier modo se produce una presentación más cálida (más dulce), y su elección del rango de potencia sobre el que trabajar, será influida parcialmente por los instrumentos que estén sonando al mismo tiempo que las trompetas. El siguiente truco es como restaurar la sensación de *aire* que puede perderse a través incluso de un recorte de 1/2 dB en los 7 kHz, y esto a menudo puede llevarse a cabo por el incremento del rango de 15 a 20 kHz, a menudo con tan solo un 1/4 dB.[5] Nunca olvide el primer principio, es fácil caer en la trampa de concentrarse en un elemento y olvidarse de cómo está afectando al resto.

¿Un canal o ambos (todos)?

La mayoría de las veces, hacer el mismo ajuste de ecualización en ambos (todos) canales es el mejor modo de proceder, ya que mantiene el equilibrio estéreo (*surround*) y la fase relativa entre canales. Pero a veces es esencial poder modificar la ecualización de solo un canal. Por ejemplo, con una parte superior de altos demasiado brillante en el lado derecho, unas buenas voces en el medio y un adecuado golpe de plato en la izquierda, la mejor solución es trabajar en las frecuencias altas del canal derecho.

Primero comenzar sutilmente

En ocasiones los instrumentos importantes necesitan ayuda, aunque, idealmente, deberían haber sido arreglados en las mezclas. La mejor aproximación a la reparación es comenzar sutilmente y ser más severo progresivamente únicamente si la sutileza no funciona. Por ejemplo, si el solo de piano es débil, trataremos de hacer los cambios de modo quirúrgico:

- solo durante el solo
- solo en el canal donde principalmente se sitúa el piano, si esto suena menos penetrante
- en los rangos de frecuencia que ayudan, la frecuencia fundamental, el armónico, o ambos

- solo como un único recurso, aumentando todo el nivel completo, ya que un oído fino puede notar el cambio cuando se sube la ganancia

Dése cuenta de las limitaciones de la grabación

Hay tanto que puede realizarse en la masterización, que esperar hasta esta etapa para ajustar ciertos problemas produce habitualmente una solución intermedia. Hay poco que podamos hacer para arreglar una grabación en la que un instrumento o voz requiere un tipo de ecualización y el resto requiere de otra.* Por ejemplo, la reducción del extremo inferior para corregir un pesado bajo de sintetizador, es seguro que hará perder la garra a un bombo. O hacer más brillante una voz puede dar un sonido cansado a la pandereta. En estos casos, a menudo recomiendo una remezcla. Si no es posible una remezcla, entonces recurrimos a técnicas especializadas como la ecualización M/S o a las dinámicas multibanda (compresión/expansión) para realizar un instrumento débil o esconder otro, lo que puede producir unos resultados fabulosos, a veces indistinguibles de una remezcla (explicaremos la ecualización M/S en el Capítulo 13). Pero cuanto mejor sean las mezclas que obtengamos, mejor master podremos hacer, lo que implica que unas mezclas perfectas ¡no necesitan nada de masterización! Incluso así, merece la pena conseguir la aprobación de un ingeniero de masterización experimentado, que trabaje en un entorno neutral de monitorización, incluso si ella decide que no es necesario hacer ninguna masterización ni arreglos.

¿Antes/Después al instante?

Con una buena monitorización, cambios de ecualización de menos de 1/2 dB son audibles. Creo que las comparaciones Antes/Después al instante esconden de manera engañosa el hecho de que se ha realizado un cambio sutil, ya que el cambio solo se notará a lo largo del tiempo.† Ajustaré un ecualizador una y otra vez para confirmar los ajustes iniciales, pero **nunca realizaré juicios de ecualización al instante.** La música fluye tanto de momento a momento, que los cambios en la música serán confundidos con los cambios de la ecualización. Habitualmente reproduzco un pasaje durante un tiempo razonable con el ajuste "A" (algunas veces 30 segundos, algunas veces varios minutos), después lo pongo otra vez con el ajuste "B". O, reproduzco un pasaje continuo, escuchando en "A" durante un tiempo razonable antes de cambiar a "B". Por ejemplo, a lo largo del tiempo resultará claro si un incremento sutil de alta frecuencia está ayudando o dañando a la música.

> *"¡Las mezclas perfectas pueden no necesitar nada de masterización!"*

¿Frecuencias fundamentales o Armónicos?

El rango extremo de agudos contiene principalmente armónicos instrumentales. Sorprendentemente, la frecuencia fundamental de algunos golpes de plato puede ser tan baja como 1,5 kHz o menos. Cuando se ecualizan o procesan frecuencias de bajos, es fácil confundir la frecuencia fundamental con el segundo armónico. El plano de detalle de un espectagrama SpectraFoo™ en la Ilustración en Color *Figura C8-01* ilustra la importancia de los armónicos de un instrumento de bajo. Las amplitudes altas están indicadas en rojo, los niveles descendentes en naranja, amarillo, verde y después azul.

Fíjese en la ruta paralela de la frecuencia fundamental del instrumento de bajo desde 62-125 Hz

---

* Bernie Grundman denomina a esto como una grabación "no uniforme", tal y como se menciona en *The Mastering Engineer's Handbook* (véase Apéndice 10)

† Esta es una parte fundamental de los argumentos variables a favor y en contra de los métodos de comprobación a ciegas, algo que no cubriremos en este libro.

y su segundo y tercer armónico desde 125-250 y hacia arriba. ¿Deberíamos ecualizar la frecuencia fundamental del instrumento de bajo o el armónico? Es fácil confundirse por la relación de octava, la respuesta tiene que ser determinada a oído - en ocasiones una, el otro o ambos. Para averiguar cual es más importante, utilizo la técnica de enfoque, haciendo un barrido con el ecualizador desde la frecuencia fundamental a los armónicos. Pero en la masterización podemos no tener la libertad de escoger, ya que el ecualizador puede simultáneamente afectar al instrumento de bajo, a la batería de bajo, y al extremo inferior del piano, la guitarra, las voces, etc. Puede ser necesario escoger la frecuencia que tenga el menor efecto en otros instrumentos más que la que es ideal para ese instrumento concreto. Es también un asunto de sensación, en una pieza rítmica, podemos olvidarnos de la delicadeza y darle un impulso con un incremento general del bajo.*

Los incrementos de los bajos pueden crear serios problemas

Como el oído es significativamente menos sensible a la energía de los bajos, la información del bajo consume mucha más potencia (de 6 a 10 dB) para un equivalente impacto sonoro por debajo de alrededor de 50 Hz, y requiere alrededor de 3-5 dB+ entre 50 y 100 Hz.[6] Esto significa que nuestra práctica de ecualización de baja frecuencia puede gastar tanta energía, que afecte al nivel limpio más alto que podemos dar a una canción. También explica porque los instrumentos de bajo a menudo tienen que ser comprimidos para sonar uniformes. Históricamente, el filtro de paso alto era nuestro mejor amigo cuando hacíamos discos de vinilo, para prevenir excesivas salidas del surco y obtener más tiempo por cara de LP. Los medios digitales no tienen este problema físico, pero el problema psicoacústico de la falta de sensibilidad del oído a las bajas frecuencias todavía existe.

Una manera posible de ahorrar "energía" es utilizar un filtro de paso alto (corte bajo) bastante afilado en algún lugar por debajo de 40 Hz, lo que no afecta de manera significativa a la energía de la batería de bajo o a las notas bajas del bajo. No tomo esta decisión de manera ligera ya que muchas grabaciones suenan mejor planas, el sistema de monitorización de los *woofers* debe tener una respuesta extendida, calibrada para juzgarlo. El filtro de paso alto debe ser extremadamente transparente y tener una baja distorsión. Durante la masterización, escucho cuidadosamente, conectando y desconectando un filtro para determinar si ayuda o perjudica. En ocasiones un suave filtro es una mejor elección que uno excesivo, como cuando tratamos con un bombo retumbante o un bajo. Pero la energía subsónica, los ruidos sordos o los golpes requieren de un filtro pronunciado para tener un efecto mínimo en los instrumentos. Cuando se "decolora" una resonancia, un filtro paramétrico bastante estrecho, afinado para la frecuencia problemática, es también una buena elección.

Los ingenieros de mezclas que trabajan con monitores de limitado ancho de banda corren el riesgo de producir un producto inferior. Los *subwoofers* permiten escuchar los problemas de filtración de sonidos en las bajas frecuencias, que tienden a enturbiar las mezclas, por ejemplo filtración de la batería de bajo a través de los micrófonos de voz y de piano. Es mucho mejor aplicar filtrado de paso alto selectivo durante el proceso de mezcla, porque los filtros de masterización afectarán a todos los instrumentos dentro de un rango de frecuencia. Por ejemplo, los ingenieros de mezclas pueden habitualmente salir del paso con un filtro pronunciado de 80 Hz en una voz aislada, pero es extremadamente raro ver a un ingeniero de masterización utilizar uno sobre la

* Si eso es lo que la pieza necesita. Me estremezco al pensar que los lectores pueden tomar cada recomendación de este capítulo de manera literal, y aplicarla a su trabajo. Los ingenieros de masterización no ecualizan de manera automática, primero siempre escuchamos y evaluamos. Muchas piezas salen de la masterización sin ninguna ecualización.

completa mezcla. Una ingeniero de mezclas debería formar una alianza con una ingeniero de masterización que pueda revisar sus primeras mezclas, y alertarla de los problemas potenciales, antes de que alcancen la etapa de masterización.

IV. Otras mejoras

Los ecualizadores de fase lineal

Todos los diseños actuales de ecualizadores analógicos y casi todos los ecualizadores digitales actuales producen un desplazamiento de fase, cuando se incrementa o se recorta el nivel, esto es el retardo de la señal varia con la frecuencia y la longitud del retardo cambia con la cantidad de aumento o recorte. Los filtros de alta ecualización producen el mayor desplazamiento de fase. Esta clase de filtro siempre altera la sincronización musical y la forma de la onda también conocido como *distorsión de fase.* Daniel Weiss dice,

> [En contraste] un tipo concreto de tipo digital, denominado **Symmetric FIR Filter,** es de manera inherente de fase lineal.[7] Esto significa que el retardo inducido por el procesamiento es constante a lo largo del espectro completo, sin ser restringido por los ajustes de ecualización. *

Como los filtros FIR son caros de implementar en tiempo real, los ecualizadores de fase lineal solo han aparecido recientemente. Más exacto que los filtros FIR, el Weiss utiliza la técnica complementaria IIR para obtener la fase lineal. Esta técnica parece evitar uno de los lados negativos del enfoque del FIR, que puede producir extraños resultados en ciertas frecuencias a menos que utilicen una potencia de computación extrema (MIPS).

John Watkinson cree que mucha de la diferencia audible entre las ecualizaciones se reduce a la respuesta de fase.† No creo que los ingenieros tengan bien controlado los deterioros del sonido del desplazamiento de fase de los ecualizadores, después de mi primera experiencia con la fase lineal, era duro volver atrás. Para mis oídos, ¡la fase lineal suena más "analógica" que incluso lo analógico! El Weiss tiene un tono muy puro y parece que corta y aumenta las frecuencias sin introducir obvios efectos no deseados. Irónicamente, cuando masterizaba una grabación de punk rock, se demostró que era demasiado *dulce* en modo de fase lineal, así que tuve que volver a modo normal para dar al sonido cierto *grunge.* Así que claramente muchas de las cualidades a las que nos hemos acostumbrado en los ecualizadores estándar se deben a su desplazamiento de fase.

La mayoría de las veces escojo el modo de fase lineal. Pero ambos diseños de filtros tienen su talón de Aquiles.

> Si tiene que ecualizar, alterara la señal tanto en el ámbito temporal como en el de frecuencia (tal y como requieren las matemáticas), siempre habrá un **artefacto temporal.** En el ecualizador de estilo ***analógico***, que es habitualmente denominado como de ***fase mínima*** desde el punto de vista matemático, la alteración será ante todo la extensión del **flujo** de la señal, es decir no afecta a la señal original en mucho, si es que en algo. Una **modificación del flujo** se traduce en diferentes retardos en diferentes frecuencias que dispersan la señal original. En algunos casos este efecto es bastante audible. Si uno utiliza un ***enfoque digital***, puede bien imitar el comportamiento analógico, o utilizar una ***fase lineal***, también conocido

* Described by Daniel Weiss at the Weiss website, http://www.weiss.ch.

† Studio Sound Magazine, 9/97.

como filtro de ***retardo constante.*** Este filtro **precederá y seguirá de manera equivalente a la señal,** parte del filtro puede crear un efecto de pre-eco, modificado el borde inicial de los transitorios y cambiando la señal. Un filtro de fase lineal de alta ecualización puede introducir un audible pre-eco en el corto rango de los milisegundos, es exactamente como un rebote de suelo pero sin el filtrado de peine. Cada vez que se utiliza un filtro de alta ecualización, puede ser necesaria una escucha cuidadosa en ambos tipos de ecualización para decidir que elección es la mejor.[8]

Ningún enfoque es fundamentalmente mejor. El ecualizador de fase mínima (de estilo analógico) tiende a enturbiar la profundidad y la imagen mental, y ocasionalmente este manchado artificial produce una agradable imagen imprecisa. El ecualizador de fase lineal puede deteriorar sutilmente la respuesta de los transitorios. Puede ser una buena idea para los fabricantes permitirnos la selección del tipo de filtro por banda, podría escoger la fase mínima para un brusco paso alto, y la fase lineal para un suave realce de la presencia.

Ecualización dinámica

El procesamiento multibanda de las dinámicas puede ser también tratado como ecualización dinámica, donde las constantes o umbrales de tiempo no tienen mucho efecto en las dinámicas reales, sino más bien en el equilibrio tonal en las diferentes amplitudes. Los ecualizadores dinámicos enfatizan o recortan las bajas, medias o altas frecuencias de manera selectiva tanto en los niveles bajos como en los altos. Esto puede utilizarse como compuertas del ruido o el siseo, filtros para los ruidos sordos que solo funcionan en los niveles bajos (especialmente útiles para el control del transito en una delicada pieza de música clásica), controladores de los sonidos sibilantes, o realzadores de ambiente. Pueden mejorar detalles interiores o altas o bajas frecuencias a bajos niveles, cuyos detalles se pierden a veces. Pueden ser utilizados para reducir la estridencia, mejorar la claridad en los niveles altos o para otros propósitos, tal y como se describe en detalle en el Capítulo 10.

---

1 Estamos siempre buscando técnicas (más allá de las simple ecualización) para aislar un instrumento de otro, y es posible mejorar enormemente el impacto y claridad de los tambores y otros instrumentos de percusión sin cambiar la tonalidad de la voz, utilizando la expansión ascendente simplemente con el comienzo y tiempo de liberación correcto. Frecuentemente es posible mejorar o dar más garra a una bombo sin afectar de manera significativa al bajo, utilizando el procesamiento de dinámicas de frecuencia selectiva. Y etcétera. Véase Capítulos 10-11.

2 Todos creemos que tenemos "el sonido absoluto" en nuestras cabezas, pero nos sorprendemos al aprender cuanta variación tonal se tolera a medida que el oído/cerebro se acostumbra. De manera similar, el ojo se acostumbra el mismo a temperaturas de color variables, que solo llaman la atención en sí mismas cuando cambian. Un buen fotógrafo puede, por lo general, identificar Ektachrome de Kodachrome, pero ambos lucen bien por sí solos, y sus diferencias en el color aparecen principalmente cuando coloca una diapositiva al lado de la otra..

3 Técnicamente, los **sonidos sibilantes** pueden causar estragos en los limitadores de alta frecuencia de la radio FM, que están ahí para el manejo del incremento de pre-énfasis. Un vocal sibilante puede hacer que los limitadores de la radio tengan que intervenir y se pierda definición; de manera extrema, el sonido rebotará y las palabras se perderán en la tasa de tiempo de recuperación del limitador de radio. De este modo, grabaciones demasiado brillantes pueden sonar apagadas en las ondas; el brillo es engañoso en lo que respecta al procesamiento de la radio.

4 En 1967, el joven George Massenburg comenzó la búsqueda de un circuito que sería capaz de ajustar de manera independiente la ganancia, el ancho de banda y la frecuencia de un ecualizador. La palabra clave es *independiente.* ya que la mayoría de los circuitos analógicos caen en este ámbito y la frecuencia, el Q, y los controles de ganancia interactúan entre ellos. Llamó a este circuito **ecualizador paramétrico** y hoy sigue siendo propietario de este circuito.

5 Los cartuchos movibles de las bobinas tienen en ocasiones una bajada en el rango de 8 kHz y una subida de 10 a 20 kHz, lo que les da un *sonido dulce,* lo que se suma al control de tono en el sistema de reproducción. Prefiero que mi sistema de reproducción sea neutro y corregir los problemas en el propio material programado. Pero como mucho del material más antiguo fue ecualizado en sistemas de monitorización de una menor resolución, tiene sentido tener un control de tono en el sistema de reproducción doméstico.

6 Esto esta dictado por las *curvas de igual sonoridad* de la psicoacústica, investigadas por primera vez por Fletcher, Harvey y Munson en la década de los años 30.

7 FIR viene de *Finite Inpulse Response,* Respuesta de Impulsos Finita, y IIR de *Infinite Inpulse Response,* Respuesta de Impulsos Infinita. Los lectores interesados en una explicación teórica detallada de la diferencia entre los filtros FIR y IIR deberían invertir un poco de tiempo en **The Art of Digital Audio** de John Watkinson.

8 Jim Johnston, en correspondencia.

Capítulo 9

Cómo Manipular el Rango Dinámico para nuestro Disfrute y Beneficio

Parte I: Macrodinámicas

1. El arte del Rango Dinámico

El Rango Dinámico se define como la *relación* entre los pasajes más altos y más suaves del cuerpo de la música, de ahí que no deba ser confundido con la sonoridad o el nivel *absoluto*. el término **rango dinámico** solo afecta a las **diferencias.** Para la música popular esto sería típicamente solamente de 6 a 10 dB, pero para algunas formas musicales puede ser tan poco como un único dB o tanto como 15 (muy raro). En la típica música pop, pasajes suaves de 8 a 15 dB por debajo del nivel más alto son efectivos solo por breves períodos, pero en música clásica, jazz y muchas otras formas acústicas, los pasajes suaves pueden durar varios minutos.

Microdinámicas y Macrodinámicas

El arte de manipular las dinámicas puede ser dividido en **Microdinámicas** y **Macrodinámicas.** Llamo a la expresión rítmica de la música, su integridad o energía, las microdinámicas de la música. Llamo macrodinámicas a las diferencias de sonoridad entre las secciones de una canción o ciclo de canción. Por lo general los procesadores de dinámicas (como los compresores o expansores) son mejores para la *manipulación microdinámica*, y el manejo de ganancia manual es mejor para la *manipulación macrodinámica*. Micro - y macro - trabajan mano a mano, muchas buenas composiciones incorporan tanto los cambios de microdinámicas (p. ej., los golpes de percusión o cambios instantáneos) como los de macrodinámicas (p. ej., crescendos y decrescendos). Si usted piensa en el álbum de música como en una comida completa, entonces la progresión que va desde la sopa al primer plato, plato principal y al postre son las macro-dinámicas. El impacto especiado de cada bocado, serían las microdinámicas. En este capítulo nos concentraremos en las macrodinámicas.

MITO:
"Por supuesto que tengo rango dinámico. ¡Estoy tocando tan fuerte como puedo!" *

* Un común malentendido. Gracias a Gordon Reid de Cedar por contribuir con este mito del audio.

Las Dinámicas en la Historia de la Música

Los cambios en las dinámicas se convirtieron en algo importante dentro de la música occidental en algún momento entre los cantos Gregorianos medievales y el periodo clásico, cuando el compositor Franz Josef Haydn nos sorprendio con lo que quizás era el primer ejemplo de microdinámicas y macrodinámicas simultaneas.[1] Desde tiempos antiguos, muchos estilos "no occidentales", como el africano, el afrocaribeño, el oriental, de La India, el balines, y otras formas musicales orientales, han puesto énfasis en el ritmo (en las microdinámicas, especialmente en forma de percusión) tanto como en la melodía, y en el siglo XX de integración, un ritmo fuerte de percusión se ha convertido en extremadamente importante también en las formas musicales occidentales.[2]

Cualquier género que no crece en musicalidad muere rápidamente, y el contraste dinámico tiene un importante papel musical. La música Rap y Hip-Hop de hoy ha tomado la lección de 250 años de antigüedad de la composición clásica, comenzando a incorporar una estructura melódica y armónica. El género puede crecer más allá y evitar sonar aburrido expandiendo su rango dinámico, añadiendo sorpresas. Cinco grandes petardos en línea no suenan tan excitantes como cuatro pequeñas bombas de cereza seguidas de un M80. La distribución de música en la Radio, la TV e Internet es actualmente demasiado comprimida para transmitir el disfrute de un amplio rango dinámico, pero seguro que interesa a la gente en casa, y también en las salas de cine.

*La banda sonora de la película **El Fugitivo** está mezclada como un incesante, fatigoso single musical. **Titanic** se mezcló como un bello álbum de música.*

Las películas proporcionan un marco ideal para estudiar la utilización creativa del rango dinámico. El público habitualmente no es consciente del efecto del sonido, pero puede jugar un papel en el éxito de un filme. Creo que la película *El Fugitivo* tuvo éxito debido a su drama, a pesar de unas mezclas de sonido agresivas, comprimidas y fatigosas. Desde el comienzo del viaje en autobús, con sus diálogos acalorados y efectos, todos los choques se encontraban muy altos y sobreexpresados de manera constante, destrozando por completo el impacto del gran choque con el tren. Puedo escuchar al director gritando, "más, más, más" a los ingenieros de mezclas. ¿No han oído el término *suspense?* Porque cuando todo está alto, entonces, en realidad, nada está alto. En contraste, las mezclas de sonido de la película más importante del 97, *Titanic*, son una obra maestra del rango dinámico natural. El diálogo y los efectos al comienzo de la película se reproducen a niveles naturales, mejorando verdaderamente la belleza, el drama y el suspense hacia las grandes emociones del final. Gran prestigio para el director James Cameron y al equipo de mezclas de *Skywalker Sound* por su contención e increíble utilización del rango dinámico. Para mi, aquí es donde reside la excitación.

¿La Vida imita al Arte?

Claramente, las modernas técnicas de grabación y los equipos han ayudado en la creación de estilos musicales completamente nuevos, por ejemplo, el hip-hop, que utiliza la edición y el procesamiento digital para crear los compases de la música en un estilo altamente comprimido, a menudo de un reducido rango dinámico.[3] Esto es básicamente una extensión de una tendencia de la música popular que comenzó hace bastantes años con la invención de los instrumentos y los amplificadores eléctricos, y que se ha acelerado con las técnicas modernas de grabación y los potentes procesadores digitales. Estilos sucesivos han incorporado menos y menos rango dinámico, tanto en las macrodinámicas como en las microdinámicas. Mano a mano con esta tendencia ha habido un

incremento exponencial de la distorsión estilo a estilo y año a año. Esto puede muy bien deberse a un círculo vicioso centrado en las manos del ingeniero de masterización, ya que inevitablemente, la mayoría de los *masters* tienden a ser más comprimidos que las fuentes[4] - ¿y qué fuentes escuchan los ingenieros de grabación como inspiración? ¡Grabaciones masterizadas! ¡Podemos haber estado alimentando la misma enfermedad que tratamos de eliminar!

Mientras yo encuentro la tendencia actual de la gran distorsión muy fatigosa y desagradable a la escucha después de cortos períodos de tiempo, debemos recordar que el alimento de un hombre es el veneno del otro - nunca más cierto que en el caso de la música popular. Los estilos musicales y de sonido son el resultado de forzar a los compresores digitales más allá de sus ajustes habituales, por ejemplo, las cualidades del sonido como el *aplastamiento* y *shred*. Esto es por lo que el ingeniero de masterización exitoso debe estar familiarizado con (y disfrutar escuchando) todo tipo de estilos musicales y sonidos, incluyendo quizás aquellas cualidades del sonido que normalmente no serían consideradas limpias por los ingenieros practicantes. Espero simplemente que el ciclo haya llegado a su culminación, ya que no hay ningún sitio hacia el que ir sino es hacia atrás, en el momento en el que la música tiene un rango dinámico de 3 dB y una distorsión que desgarra el pelo de los oídos. A su tiempo, estos nuevos estilos serán asimilados en el vocabulario musical general, y podemos esperar que unas dinámicas decentes y con interés vuelvan a ser una regla más que la excepción.

El Arte de Reducir el Rango Dinámico

Las dinámicas de una canción o ciclo de canción son algo crítico para los músicos creativos y compositores. Como ingenieros, nuestra referencia interna de la calidad del sonido debería ser la calidad sonora de una actuación en directo, deberíamos ser capaces de decir a través de la escucha si una grabación será mejorada o dañada por la modificación de sus dinámicas. Muchas grabaciones han pasado a través de muchas etapas de degradación y destrucción de los transitorios, y una indiscriminada o mayor reducción de la dinámica puede fácilmente hacer que la claridad y la calidad vayan de mal en peor. Sin embargo, habitualmente el medio de grabación y el entorno de escucha al efecto simplemente no pueden mantener el rango dinámico completo de la vida real, así que el ingeniero de masterización a menudo es requerido para que aumente el nivel de los pasajes suaves, y/o reducir los pasajes altos, lo que es una forma de **compresión manual.**[5] Podemos reducir el rango dinámico (comprimir) cuando el rango original es demasiado grande para el típico ambiente domestico, o para ayudar a que las mezclas suenen más interesantes, más llenas, más coherentes, para realzar detalles internos, o nivelar cambios dinámicos en una canción si suenan excesivos.[6]

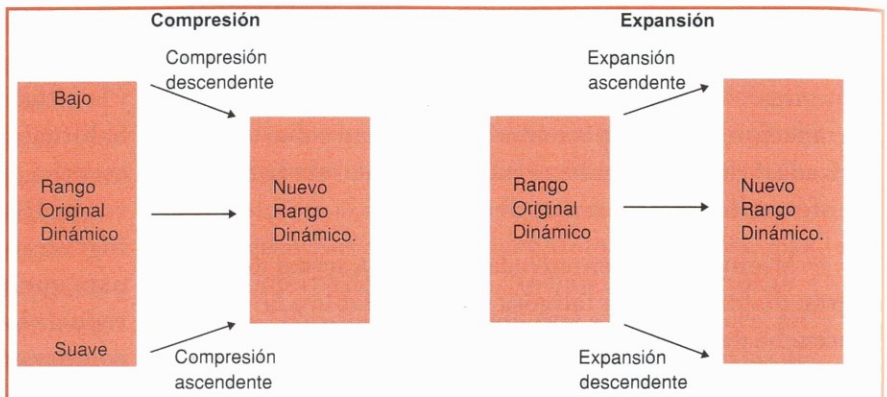
La experiencia nos dice cuando un pasaje es demasiado suave. El contexto del pasaje suave también determina si tiene que ser aumentado. Por ejemplo, una suave introducción inmediatamente después de una canción alta puede tener que ser aumentada, pero un pasaje suave similar en el medio de una pieza puede estar bien. Esto es porque el oído ajusta automáticamente su sensibilidad a lo largo de un período medio de tiempo, y puede no estar preparado para un nivel suave justo después de uno muy elevado. Así, las lecturas de los medidores son bastante inútiles a este respecto. ¿Cuánto de suave es demasiado suave? Los ingenieros de Lucasfilm descubrieron que tener un monitor de ganancia calibrado y una estancia de grabación con un ruido de fondo de base de NC-30*, no garantiza que las mezclas de un film se traduzcan bien en una sala de cine. Durante las pruebas de proyección en salas de cine, algunas delicadas escenas de diálogos eran "comidas" por el ruido sordo del aire acondicionado y el ruido de los espectadores de una sala de

proyección de verdad. Así que crearon un generador de ruido especialmente calibrado, añadido al sistema de monitorización del estudio de mezclas, etiquetado como "ruido de palomitas", que puede ser conectado cuando se quiera para comprobar un pasaje particularmente suave. Para propósitos similares, la sala de escucha "típica" (alternativa) que tenemos en Digital Domain cuenta con un ventilador de techo y otras fuentes de ruidos. Cuando tengo una duda, reproduzco en el DAW un pasaje alto justo antes del suave, y me doy un paseo por la sala de escucha ruidosa. Si el pasaje suave parece un poco demasiado suave en comparación con el alto, será obvio allí.

El Arte de Incrementar el Rango Dinámico...

...puede hacer también que una canción suene más interesante, a través de la utilización del arte del contraste o del incremento de la intensidad de un pico, ya que gran parte del impacto de una canción viene de sus dinámicas y transitorios internos. El truco es reconocer cuando un realce se ha convertido en defecto - el interés musical puede ser potenciado con la variación, pero demasiada variación es tan mala como demasiada uniformidad. Se requiere de gusto musical, experiencia y un buen sistema de monitorización para llevar a cabo estos juicios. El incremento del rango dinámico se conoce como expansión. Otra razón para expandir es restaurar, o tratar de restaurar el interés de las dinámicas que han sido perdidas debido a múltiples compresiones o a la saturación de la cinta, en este caso estamos incrementando el rango grabado.

Las Cuatro Clases de la Modificación del Rango Dinámico



Cualquier combinación de estos cuatro procesos puede ser empleada en una sesión de masterización.

Siempre utilizamos el término **Compresión** para la reducción del rango dinámico y **Expansión** para su incremento. Existen dos variedades de cada: **la compresión ascendente, la compresión descendente,** la expansión ascendente y la expansión descendente, tal y como se ilustra en la figura de arriba.

Compresión descendente es el modo más popular de la modificación de las dinámicas, en el que se toman los pasajes altos y se bajan. La limitación es un caso especial - es compresión descendente con una tasa muy alta (se explicará en el Capítulo 10). Los ejemplos incluyen casi cada compresor o limitador que haya empleado alguna vez. Para mayor claridad, en este libro siempre utilizaremos el término abreviado **compresor** para referirnos al **compresor descendente** a menos que necesitemos distinguir lo del **compresor ascendente.**

La compresión ascendente toma los pasajes de nivel bajo y los sube. Los ejemplos incluyen la parte de codificador de un sistema Dolby® o de otros sistemas de reducción de ruido, el AGC[7] utilizado por las emisoras de radio para hacer sonar más altas las partes

* Una habitación con una tasa de NC-30 es muy silenciosa.

suaves, y el tipo de compresor utilizado frecuentemente en las cámaras de video baratas y en los grabadores de video caseros. En el Capítulo 11 le introduciremos a una poderosa técnica de compresión ascendente que es extremadamente transparente al oído.

La **expansión ascendente** coge los pasajes elevados y los sube incluso más. Los expansores ascendente son muy raros y muy valiosos, ya que en manos hábiles pueden ser utilizadas para realzar las dinámicas, incrementar el interés musical, o restaurar las dinámicas perdidas. Los ejemplos incluyen el proceso de restauración de pico de la parte de reproducción de un Dolby SR, el procesador DBX Quantum, los diferentes procesadores de dinámicas de la marca Waves, y el Weiss SD1-MK2 cuando se utiliza con tasas menores que 1:1 (se explicará).

La expansión descendente es el tipo más común de expansión: toma los pasajes de nivel bajo y los baja aún más. La mayoría de los expansores descendentes son utilizados para reducir el ruido, siseo o filtraciones de sonido. Una puerta de ruido especializada es un caso especial - es expansión descendente con una tasa muy alta (se explicará). Ejemplos de expansores descendentes incluyen las puertas clásicas Kepex y Drawmer, Dolby y similares sistemas de reducción de ruido en modo de reproducción, el expansor funciona en cajas multifunción (p.ej., *Finalizer*), y las puertas de las consolas de grabación. Para mayor claridad, en este libro utilizaremos el término sencillo **expansor** para referirnos al tipo descendente a menos que necesitemos distinguirlo del tipo ascendente.

II. El Arte del Manejo Manual de la Ganancia: la Manipulación Macrodinámica

En General

Se necesitan hacer los cambios de nivel de la manera más musical. Con este propósito, los cambios internos de nivel son menos intrusivos cuando se llevan a cabo de manera manual (subiendo o bajando el potenciómetro), tan poco como 1/4 dB cada vez, en oposición a la utilización de procesadores como los compresores o expansores, que tienden a ser más agresivos.

Al manejar la ganancia, haga olas de la manera correcta, trate de ir con la corriente no luche con ella. Si los músicos están tratando de conseguir un impacto ascendente, tirar hacia si el potenciómetro durante un pico disminuye el efecto buscado. Si esta haciendo una grabación en vivo y siente que los músicos van a sobrecargar el grabador, ha llegado ya demasiado tarde. El mejor escenario tipo es utilizar su sexto sentido tan pronto como sea posible, y disminuir el potenciómetro tan despacio como sea posible, y solo lo suficiente para arreglar el anticipado problema. Un ingeniero de grabación en vivo experimentado anotará donde hizo estos cambios, con el fin de que el rango dinámico original pueda ser restaurado revirtiendo las decisiones en la postproducción. Otro truco es medir los niveles de pico durante el ensayo, ¡y asumir que el concierto tendrá picos al menos de 3 dB más! Tener potenciómetros calibrados hace que el ajuste sea más fácil. El arte del ajuste de niveles manual puede mejorar de verdad una producción. Podemos mejorar unas buenas mezclas de pop o rock durante la masterización, primero descubriendo cualquier cambio de nivel inapropiado que el ingeniero de mezclas puede haber pasado por alto, y para darles la vuelta podemos

restaurar o mejorar hacia donde la música va. He oído muchos fragmentos de rock en los que el clímax había sido mutilado porque el ingeniero de mezclas no hacía más que bajar el potenciómetro principal para evitar la sobrecarga. En la masterización podemos corregir este error inintencionado con cambios delicados, es sorprendente lo que un dB aquí o allí puede lograr. Es también nuestra responsabilidad hacer una comprobación con el cliente, en el caso de que ¡el cambio de nivel fuera intencionado! Es muy raro encontrar unas mezclas de *rock and roll* excelentes, durante las mezclas es realmente difícil poner atención de manera simultanea en los equilibrios internos así como en el movimiento dinámico de la música entre, por ejemplo, las estrofas y el coro. Un ingeniero de masterización sensible hará a unas mezclas bien equilibradas el resto del camino, puede incluso no darse cuenta de lo que faltaba o de cuanto puede ser mejorado hasta que escucha la versión masterizada. Nosotros intentamos mejorar esos momentos que deberían haber estado aumentados o reducidos, ya que esto es donde se puede generar parte del interés de la canción.

Como y Cuando Mover el Potenciómetro

Los comienzos extrasuaves, los finales o incluso los espacios medios requieren una especial atención. Si el punto más alto de la canción suena "simplemente correcto" después del procesamiento, pero el intro suena demasiado suave, es mejor simplemente aumentar el intro, y encontrar el método correcto de edición, para restaurar la ganancia a su nivel normal después del intro, utilizando uno o más de estos enfoques:

- A veces un decrescendo largo y gradual es la solución, que puede darse al final del intro, o suavemente durante la primera estrofa del cuerpo.
- A veces una serie de ediciones de 1/4 ó 1/2 dB, bajando el sonido paso a paso en los momentos críticos. Esto es útil cuando no quiere que el oyente note que está haciendo trampas bajando la ganancia y puede estar forzado a trabajar contra las dinámicas naturales.
- A veces una rápida edición y cambio de nivel en la transición entre el intro aumentado de nivel y el cuerpo a nivel normal crea un efecto agradable y es lo menos intrusivo.

El enfoque inverso, esto es crear a propósito una intro más suave para que el cuerpo de la canción parezca mas alto y cause impacto en su entrada, puede también funcionar. En este caso, la rápida edición (cambio de ganancia) entre la intro y el cuerpo proporciona un impacto dramático.

El Arte de Cambiar los Niveles Internos de una Canción

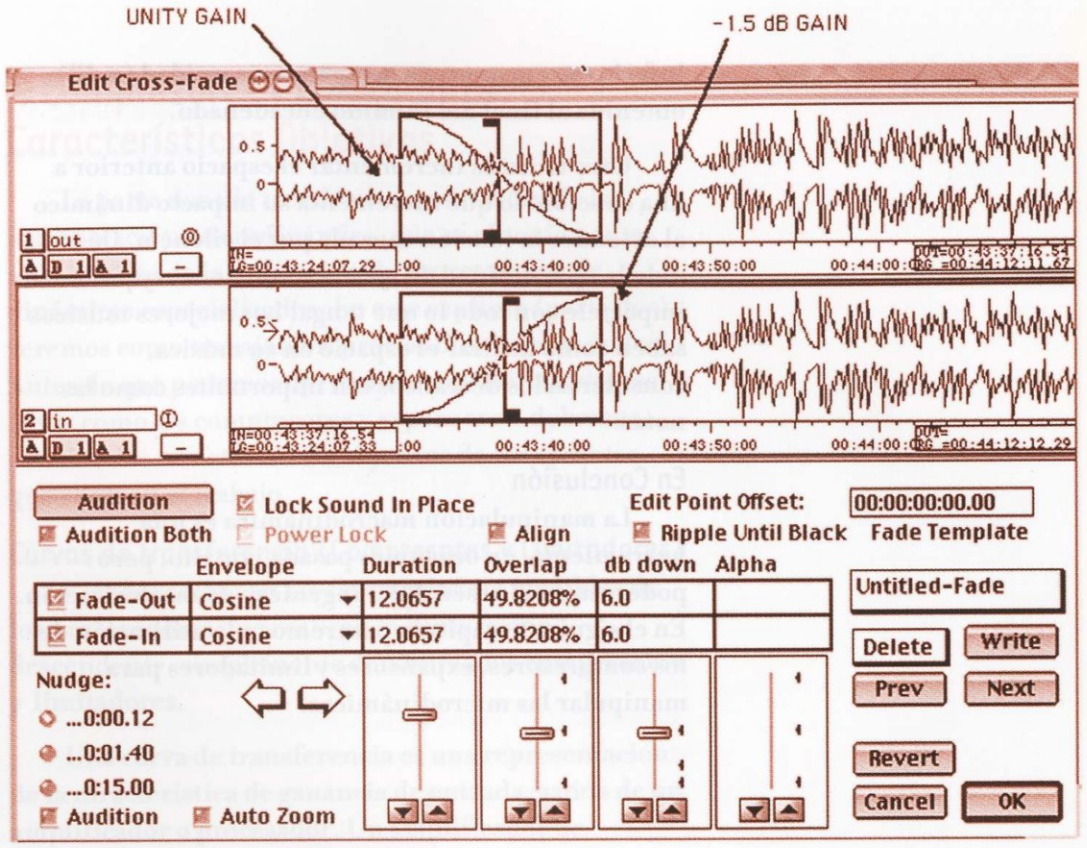
Algunos pasajes suaves deben ser aumentados. Pero si los músicos están tratando de tocar algo de manera delicada, llevar el potenciómetro mas lejos puede arruinar el efecto del pasaje suave. El arte está en saber cuanto subirlo sin perder la sensación de suavidad, y en la velocidad ideal para mover el potenciómetro sin que sea notado. En un DAW, los movimientos físicos de un potenciómetro son reemplazados por comandos, fundidos encadenados, o por el dibujo de una línea de volumen/tiempo. La autentica magia del ingeniero de masterización es ser tan invisible que nadie piense que se ha quedado algo en reserva, si ellos creen que el sonido esta siendo manipulado, es que no ha hecho su trabajo.[8] Aquí va una técnica para disminuir el rango dinámico de la manera menos perjudicial y más útil. Aprendí esto hace unos 30 años del libro *The Technique of the Sound Studio* de Alec Nesbitt (véase Apéndice 10). Cuando lo haga en directo, debe conocer la música, para anticipar los movimientos de los músicos. Pero a pesar de este hecho, en una estación de trabajo de audio digital es verdaderamente fácil, ya que la forma de onda es la banda sonora. Supongamos que usted tiene que bajar

un pasaje alto. El mejor sitio para bajar el nivel es al final del pasaje suave precedente, antes de que comience la parte alta. Busque un declive natural o una bajada en la energía antes del comienzo del crescendo, y aplique la bajada de ganancia durante el final del suave pasaje antes de que comience el crescendo. De este modo, el pasaje fuerte no perderá su impacto comparativo, ya que el oído juzga los pasajes altos en el contexto de los suaves.

La imagen de la derecha de una estación de trabajo de Sonic Solutions ilustra la técnica. El cambio de ganancia se realiza por medio de un fundido encadenado desde una ganancia a la otra.

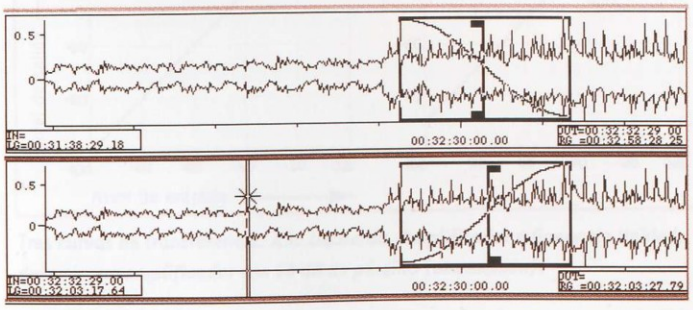
El productor y yo decidimos que el *shout chorus* de esta pieza de jazz estaba un poco sobrereproducido y tenía que ser bajado desde triple a doble *forte* (lo que equivale a 1 dB o así).[9] Para mantener el contraste, el truco es bajar el nivel durante el pasaje suave justo antes de que el golpe de batería anuncie el *shout chorus*. Verá esto en el fundido encadenado de 12 segundos que va desde la ganancia unidad (panel superior) hasta los -1,5 dB de ganancia (panel inferior). El golpe de batería se encuentra justo a la derecha de la caja del fundido encadenado. Si se hace bien, todavía sentirá la piel de gallina mientras los músicos realizan un suave movimiento (ahora realzado con un mayor decrescendo de parte del ingeniero de masterización), y después le golpean con el coro.

Algunas canciones comienzan con una introducción muy suave, y esto puede tener que ser subido. Otras canciones comienzan suavemente y crecen hasta un gran clímax. Me gusta empezar la masterización yendo directamente al clímax. Después de que obtengo un gran sonido con el procesamiento necesario, vuelvo al principio y si hay espacio, bajo la suave introducción lo que por contraste realzará el cuerpo que sigue. Esto también reduce la tentación de



La versión moderna del manejo del potenciómetro. Fíjese que la caída de la ganancia se realiza en el pasaje suave que precede al compás acentuado, por lo tanto preservando así el impacto aparente del compás acentuado.

subir la parte alta tanto que puede ser aplastada por un excesivo procesamiento. En la figura siguiente, he reducido el nivel de la introducción de una canción, y suavemente introduzco un crescendo (de 20 segundos de duración) que potencie la construcción natural de la canción, a medida que va hacia el primer coro. El panel superior se encuentra a una ganancia de -1 dB, el panel



Una suave introducción ha sido reducida incluso más, y el impacto del cuerpo de la canción es realzado incrementando gradualmente la ganancia durante el comienzo de la parte principal de la canción.

inferior se encuentra a una ganancia unidad (0 dB), obtenida al final del fundido encadenado.

Otro truco es incrementar el espacio anterior a una canción, lo que incrementa su impacto dinámico al extender la tensión causada por el silencio. Dé al oído la oportunidad de ajustarse al silencio y ¡entonces impáctele con todo lo que tenga! Los mejores músicos saben como utilizar el espacio en su música, consideran los descansos tan importantes como las notas.

En Conclusión

La manipulación macrodinámica es una herramienta, en ocasiones pasada por alto, pero poderosa en el arsenal del ingeniero de masterización. En el siguiente capítulo pasaremos a la utilización de los compresores, expansores y limitadores para manipular las microdinámicas.

---

1 Sinfonía "Sorpresa" (*Surprise Symphony*), Nº. 94 en Sol, 1791, incorporaba un pícaro redoble de tambor en la mitad de un pasaje lento. Este tipo de impacto microdinámico instantáneo es a menudo denominado como un *sforzand* o en la música occidental. Para los oídos del siglo XX, la pieza de Haydn parece bastante insulsa. Especialmente después de haber sido expuesto al casi clásico **Suite de Encuentros en la Tercera Fase** (*Suite from Close Encounters*) de John Williams en un equipo de alta fidelidad decente.

2 Especialmente con la influencia de las formas musicales afrocaribeñas en el jazz (y finalmente en el R&B, la fusión, y el rock) cuando en la década de los 40, Dizzy Gillespie metió al percusionista Chano Pozo en su banda.

3 Naturalmente con muchas excepciones. Por ejemplo, creo que el disco *Da Good Da Bad and Da Ugly* de *The Geto Boys*, uno de los discos compactos del cuadro de honor (listados en www.digido.com), es una obra maestra llena de inventiva, musicalidad, rango dinámico, profundidad y tono del mismo nivel de una buena obra clásica.

4 Es difícil para un ingeniero de masterización devolver a un productor un *master* que no sea más alto de lo que se le envió, incluso si ya la grabación original era demasiado alta y comprimida. Pero me he dado cuenta que a los productores les gusta recibir grabaciones que son más claras e impactantes que las que enviaron, incluso si el *master* no es tan alto. ¡Atrévase a intentarlo!

5 Por favor, no confundir el término *reducción del rango dinámico* (compresión) con la *reducción de la tasa de datos*. Los sistemas de Codificación Digital emplean la reducción de la tasa de datos para que la tasa de bits (medida en kilobits por segundo) sea menor. Los ejemplos incluyen los sistemas MPEG (MP3) o Dolby AC-3 (ahora llamado *Dolby Digital*).

Como no es bueno referirse a dos conceptos diferentes con el mismo término, deberíamos animar a la gente a utilizar el término **Sistema de Reducción de Datos** o **Sistema de Codificación** al referirse a datos y **Compresión** solo si se refieren a la reducción del rango dinámico.

6 ¡El exceso definitivamente se encuentra en el oído del que escucha! Es muy importante desarrollar una estética que aprecie lo beneficios del rango dinámico, y que también sepa cuando es demasiado - o demasiado poco. Esto es claramente un asunto de gusto, así como del conocimiento objetivo de los requerimientos del medio y el ambiente de escucha.

7 AGC (*Automatic Gain Control*), el Control de Ganancia Automático tiene mala reputación debido a su ubicua utilización en las cámaras de grabación domésticas y profesionales. Escuche las noticias en TV cuando se utilice una cámara portátil con AGC para ver lo que quiero decir. Escuchará una fuerte modulación del siseo entre las sílabas, con lo que se reduce el impacto silábico transitorio.

8 Esto es verdad para la mayoría de los géneros musicales "naturales", con algunas excepciones como el hip-hop, rock psicodélico, *performance art*, etc., donde los artistas invitan al ingeniero a que contribuya con efectos de dinámicas sorprendentes o recargados.

9 Los productores no siempre utilizan términos italianos clásicos de dinámicas para describir sus necesidades. El ingeniero de masterización debería escoger el lenguaje con el que mejor conecte con el cliente - "¡Ponlo más alto, tío!"

Capítulo 10

Cómo Manipular el Rango Dinámico para nuestro Disfrute y Beneficio

Parte II: Los Procesadores Descendentes

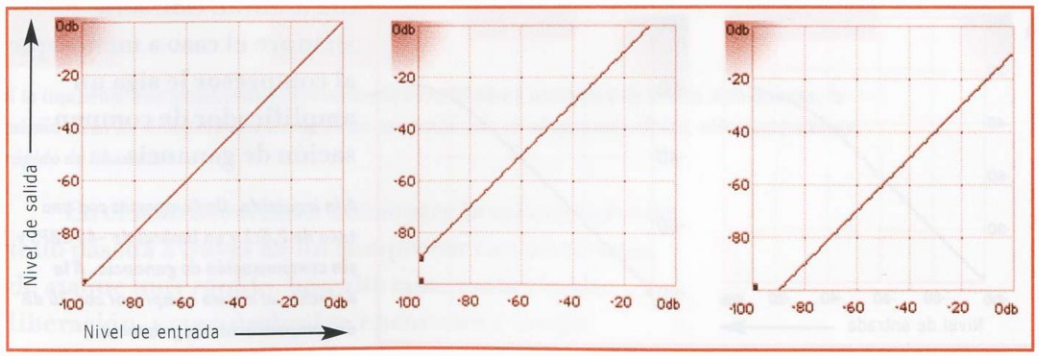
I. Compresores y Limitadores: Características Objetivas

La parte dos y la tres de esta serie tratan de la manipulación microdinámica, que es obtenida ante todo a través de la utilización de **procesadores de dinámicas** especializados. En este capítulo (parte dos), veremos como trabajan los procesadores *descendentes.* Antes de que podamos aprender como utilizar dispositivos como los compresores y expansores, debemos estudiar las características objetivas de los aparatos que realizan el trabajo.

Curvas de transferencia (Compresores y Limitadores)

Comencemos con las **características medibles** de los procesadores que realizan la compresión descendente, simplemente denominados **compresores y limitadores.**

Una curva de transferencia es una representación de la característica de ganancia de entrada-salida de un amplificador o procesador. Un amplificador de ganancia unidad* o de cable recto produciría una línea recta diagonal de 45° a lo largo de la mitad, denominada la *línea de ganancia unidad.* Puede dibujarse una familia de **curvas lineales,** como en estas tres figuras:

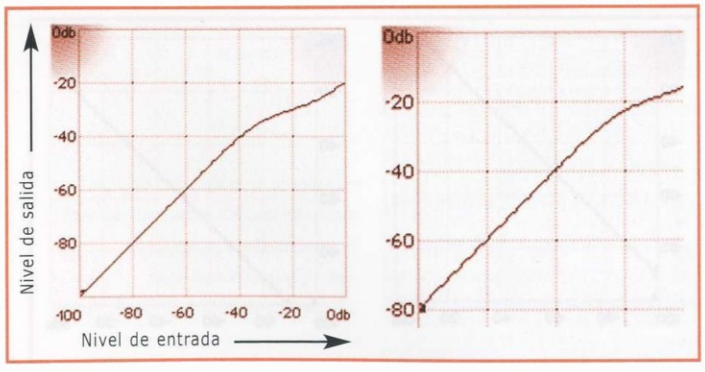


Tres curvas de transferencia. ***A la izquierda, Amplificador a Ganancia Unidad, después, un amplificador con 10 dB de pérdida (atenuación).***

* Unidad de ganancia significa que la tasa del nivel de salida a entrada es 1, ó 0 dB..

El nivel de entrada se traza en el eje X y el de salida en el Y. A la izquierda se encuentra un amplificador de ganancia unidad, seguido con una con una ganancia de 10 dB, y con 10 dB de pérdida (atenuación). Mientras sea una línea recta (no curva) de 45°, los amplificadores serán lineales. Dése cuenta de que el trazado medio produciría distorsión para cualquier señal de entrada por encima de -10 dBFS.

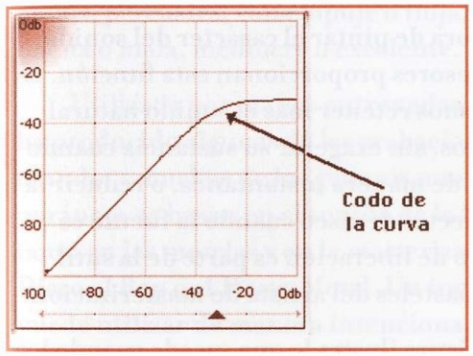
El **umbral de un compresor** se define como el nivel por encima del cual empieza a darse la reducción de ganancia. La **tasa de compresión** es la tasa de cambio de entrada a cambio de salida por encima del umbral. A la izquierda en la figura siguiente hay un compresor simple con una tasa de compresión bastante moderada de 2,5:1, y un umbral de alrededor de -40 dBFS (que es bastante bajo y que produciría una fuerte compresión a las señales elevadas). 2,5:1 quiere decir que para un incremento de señal de la fuente de 2,5 dB, la salida solo subirá 1 dB, o para un aumento de 5 dB, la salida solo subirá 2 dB, o como puede verse en el trazado, un cambio en la entrada de 20 dB produce un cambio en la salida de un poco menos de 10 dB (una vez que la curva a alcanzado su máxima inclinación). Un compresor como este realmente suavizaría los pasajes más altos, porque la salida es menor que la entrada por encima del umbral, este será siempre el caso a menos que al compresor le siga un amplificador de compensación de ganancia.



A la izquierda, Un Compresor con una tasa de 2,5:1 y un Umbral de -40 dBFS y sin compensación de ganancia. A la derecha, el mismo compresor con 20 dB de compensación de ganancia.

A mano derecha de la figura, utilizando la compensación de ganancia (un simple amplificador de ganancia después de la parte de compresión), podemos restaurar la ganancia de tal forma que la señal de entrada de nivel completo (0 dBFS) produzca una señal de salida de nivel completo. En esta ilustración, el amplificador tiene una cantidad extrema de ganancia 20 dB lo que amplificará de manera considerable los pasajes suaves (por debajo del umbral). En una utilización típica, las compensaciones de ganancia raramente suponen más de 3 ó 4 dB. Los pasajes de entrada altos desde alrededor de -40 hasta alrededor de -15 se encuentran todavía amplificados en esta figura, pero por encima de alrededor de -15 dBFS, la curva se inclina hacia atrás hacia la ganancia unidad y se parece a la del amplificador lineal. Muy por debajo del umbral, hay un amplificador bastante lineal de 20 dB y puede tener una distorsión bastante baja porque no hay una acción de reducción de ganancia. A escala completa, 20 dB de compensación de ganancia se suman con los 20 dB de reducción de ganancia, lo que produce una ganancia total de 0 dB. Este modelo particular de curva de compresor se estabiliza hacia una línea recta por encima de una cierta cantidad de compresión, así que la tasa solo es verdadera para los primeros 15 - 20 dB por encima del umbral. Otros modelos de compresor continúan su brusca inclinación, por tanto mantienen su tasa muy por encima del umbral. Existen tantas variedades de figuras de compresión como marcas de compresores, y todas ellas dan diferentes sonidos. Para conseguir el mayor efecto estético de cualquier compresor, la mayoría de la acción de la música debe suceder alrededor del punto del umbral, donde la forma de la curva se encuentra cambiando, por lo tanto es probable que el umbral de un compresor del mundo real se encontrará más cerca de -20 a -10 dBFS donde tiene lugar la mayor parte del movimiento de la música. La siguiente figura muestra una muy alta tasa de 10:1, sin compensación de ganancia. Fíjese que la salida es casi una línea horizontal por encima del umbral. La mayoría de los expertos llaman a cualquier

compresor con una tasa de 10:1 o mayor un limitador. Existen muy pocos compresores analógicos con tasas mayores, sin embargo algunos limitadores digitales han sido construidos con tasas de 1000:1 con el fin de evitar incluso la más mínima incursión o sobrecarga por encima de la escala completa (0 dBFS). La parte de la curva en o cerca del umbral se llama el codo (knee), que es la transición entre la ganancia unidad y la compresión. La forma del codo puede hacer que la transición sea suave o dura. El término **codo suave** (*soft knee*) se refiere a una forma de codo redondeado, y **codo duro** (*hard knee*) a una forma afilada, donde la compresión o limitación golpea rápidamente por encima del umbral. Es posible que, el cambio de unitaria a 10:1 puede ser instantáneo, en cuyo caso el codo sería un ángulo agudo en vez de redondeado, produciendo un cambio áspero de sonido, por tanto un efecto de limitación. La necesidad de un codo sutil depende mucho de cuanta actividad musical suceda en el umbral. Si hay mucha actividad musical o movimiento alrededor del umbral, la forma de codo puede ser crítica para esos modelos de compresores que no tienen ajustes de codo parte del efecto del codo puede ser obtenido retocando ligeramente la tasa y/o el umbral.

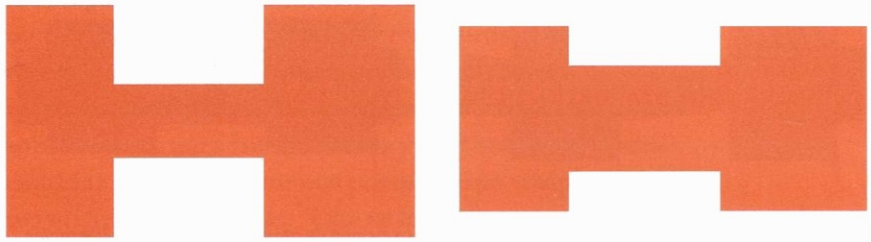


Un compresor con una tasa de 10:1, Umbral de -32dBFS, sin compensación de ganancia.

Tiempos de Ataque y de Liberación

El tiempo de ataque se define como el tiempo entre la aparición de una señal que está por encima del umbral y la reducción completa de ganancia. Puede ser medida en micro o milisegundos aunque puede llegar a durar tanto como un segundo o dos. El tiempo de ataque típico de los compresores utilizados en la música va de 50 ms a 300 ms, siendo la media utilizada probablemente 100 ms. **El tiempo de liberación,** también conocido como **tiempo de recuperación** se define como el tiempo entre que una señal cae por debajo del umbral y el retorno de la ganancia a la unidad. El tiempo de liberación típico de los compresores utilizados en la música van de 50 ms a 500 ms o como mucho hasta un segundo o dos, siendo la media utilizada probablemente 150-250 ms.* Los términos **corto** o **rápido** con el tiempo de ataque o liberación pueden ser intercambiables, ya que significan lo mismo. De manera similar, tiempos de ataque o liberación, lentos y largos, significan lo mismo.

En el lado izquierdo de la siguiente figura aparece la forma externa de una simple salva de tono, desde un nivel alto a uno bajo y otra vez de vuelta.



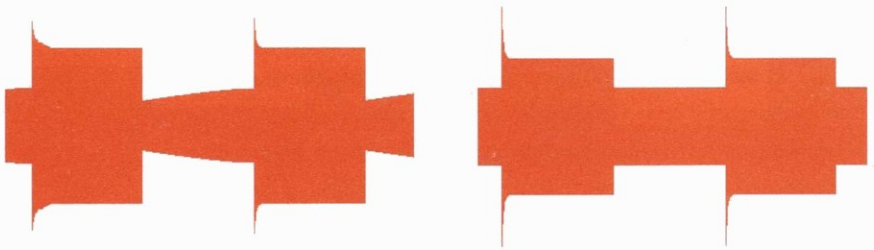
A la izquierda, una simple salva de tono desde un nivel alto a uno bajo y de vuelta. A la derecha, la misma salva de tono pasada a través de un compresor con un ataque muy rápido, alta tasa y tiempo rápido de liberación.

En el lado derecho se encuentra la misma salva de tono pasada a través de un compresor con un tiempo de ataque muy rápido, una alta tasa, y una rápida liberación, y cuyo umbral se encuentra a medio camino entre las señales altas y suaves. Fíjese que los pasajes altos son instantáneamente bajados, los

* Un fabricante, DBX, mide el tiempo de liberación en dB/segundo, lo que es probablemente más exacto pero me resulta difícil acostumbrarme a ello.

pasajes suaves son subidos de manera instantánea y existe un menor rango dinámico total, juzgado según las alturas verticales relativas (amplitudes).

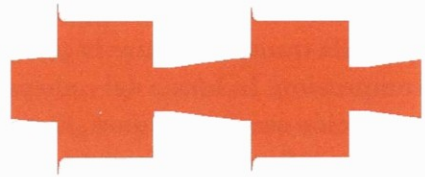
A la izquierda de la siguiente figura, aparece la forma de un compresor con una baja tasa, un tiempo de ataque lento y un tiempo igualmente lento de liberación. Fíjese como el lento tiempo de ataque del compresor, permite que parte de los transitorios del ataque del original permanezcan hasta que el compresor los aplasta, punto en el cual, la reducción de la ganancia baja el nivel. Después, cuando la señal cae por debajo del umbral, al tiempo de liberación le lleva un tiempo entrar en acción, y la ganancia es todavía baja, entonces lentamente la ganancia vuelve a subir. Gran parte del efecto de la compresión (el "sonido" del compresor) sucede durante el período critico de liberación, ya que como puede ver, excepto durante la fase de ataque, el compresor ha realmente reducido la ganancia de los niveles altos de la señal.



A la izquierda, un Compresor con una tasa baja, un lento tiempo de ataque y un tiempo de liberación lento. A la derecha, una tasa más elevada, un ataque más rápido y una liberación muy rápida.

Contrasta esto con el compresor de la derecha, que tiene una tasa mucho más alta, un ataque más rápido, y un tiempo de liberación más rápido. La mayor tasa frena más a la parte alta de la señal, y con la liberación más rápida, tan pronto como la señal cae por debajo del umbral, el tiempo de liberación sube el nivel de manera agresiva. Este tipo de rápida acción puede hacer sonar a la música fuertemente comprimida, porque baja los pasajes altos y rápidamente hace subir los pasajes suaves.

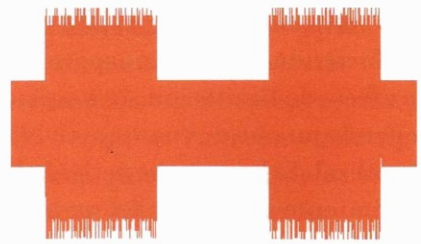
Aquí va otra variación, un compresor con un retardo de liberación:



Salida de un compresor con una tasa baja, un lento tiempo de ataque, lento tiempo de liberación, además de un retardo de liberación.

Un control de retardo de liberación permite más flexibilidad a la hora de pintar el carácter del sonido. Muy pocos compresores proporcionan esta función. Es útil cuando queremos retener más el sonido natural de los instrumentos, sin exagerar su sustancia cuando la señal se suaviza de manera instantánea, o reducir la "respiración" o efectos de siseo cuando la fuente es ruidosa. El retardo de liberación es parte de la sutil paleta de colores pasteles del artista de masterización.

La siguiente figura ilustra lo que sucede cuando los tiempos de ataque y liberación son demasiado rápidos.



Cuando la combinación de tiempos de ataque y liberación es demasiado rápida (típicamente <50 ms), un compresor puede producir una grave distorsión, ya que intenta seguir las frecuencias individuales (ondas) en vez de la forma general del envoltorio de la música.

La demasiado rápida acción del compresor provoca la distorsión, que sigue la estructura de la forma de onda de baja frecuencia más que el envoltorio global de la música. Este problema puede ocurrir con

tiempos de liberación más cortos que unos 50 ms y con correspondientes cortos tiempos de ataque.

II. La Manipulación Microdinámica: El Ajuste del Impacto de la Música con un Compresor (descendente)

El Ingeniero de Mezclas como Artista

Los compresores, expansores y limitadores forman la base de la grabación, creación de mezclas y masterización de hoy en día. Con el aparato adecuado puede hacer que una grabación suene más percusiva o menos percusiva, con empuje o floja, lisa o a saltos, buena o mala, mediocre o excelente.

Utilizada por manos entrenadas, la compresión ha producido algunas de las grabaciones más bellas del mundo, y muchos de los géneros musicales contemporáneos se basan en el sonido de la compresión, tanto en las mezclas y en la masterización, desde el Disco al Rap o al Heavy Metal. Un ingeniero hábil puede utilizar de manera intencionada una compresión creativa para pintar unas mezclas y crear nuevos efectos especiales, esta *distorsión intencionada* ha sido utilizada en todos los estilos de la música moderna. Las palabras clave aquí son *intención y hábil.* Sorprendentemente, sin embargo algunos ingenieros/artistas no saben como suena el audio sin compresión, de sonido natural. Aunque más y más música se crea en la sala de control, creo que es bueno aprender como capturar el sonido natural antes de pasar a lo abstracto. Picasso era un genio creativo, pero abordó su arte de manera sistemática, primero dominando las artes plásticas naturales antes de cambiar a su período cubista. De manera similar, es una buena costumbre conocer el sonido verdadero de los instrumentos. Trate de grabar un grupo bien equilibrado en un espacio con buena acústica con tan solo dos micrófonos, es mucho trabajo, ¡y muy divertido! Antes de que se inventará el multipistas, había mucha menos necesidad de compresión, porque la técnica de microfonía próxima exagera las dinámicas naturales de los instrumentos y las voces. Al principio, los compresores se utilizaban para controlar aquellos instrumentos cuyas dinámicas eran gravemente alteradas por la microfonía próxima, p. ej. las voces, el bajo acústico. Más tarde cuando la música moderna comenzó a enfatizar el ritmo, muchos instrumentos empezaron a perderse bajo la energía, inspirando las posibilidades creativas de los compresores y un estilo totalmente nuevo de grabación y mezclas. Ciertamente la llegada de la consola SSL, con un compresor en cada canal, cambió el sonido de la música grabada para siempre.

Limitación Contra Compresión en la Masterización

La masterización requiere del desarrollo de nuevas habilidades ya que trabajamos por lo general sobre mezclas globales en vez de en instrumentos individuales. En la masterización como en las mezclas, la compresión y la limitación cambian la tasa pico a medio de la música, y ambas herramientas reducen el rango dinámico. La mayoría de los ingenieros de masterización utiliza los compresores para cambiar el sonido de manera intencionada y los limitadores para cambiar el sonido lo menos posible, sino simplemente permitirle ser más alto.* Esta es la razón por la que los limitadores son utilizados más a menudo en la masterización que en las mezclas. No existe el limitador perfectamente invisible, pero la compresión cambia el sonido mucho más de lo que lo hace el limitador. Piense en la compresión como una herramienta para cambiar las dinámicas internas de la música. Al reducir el rango dinámico, se puede "reforzar" o añadir "garra" a los pasajes de nivel bajo y

* Como con los compresores, es el proceso de compensación de ganancia el que permite que la salida de un limitador sea más elevada. Cuando se han bajado los picos, hay espacio para subir el nivel medio sin sobrecargar.

medio, para crear un mensajes musical más fuerte. Con la limitación, sin embargo, con un tiempo de ataque suficientemente rápido (una o dos muestras), y una rápida liberación cuidadosamente controlada,* incluso varios dB de limitación pueden ser transparentes al oído. *Considere la limitación* cuando quiera aumentar la sonoridad aparente del material sin afectar severamente a su sonido, considere la compresión o la expansión ascendente (véase el Capítulo siguiente) cuando al material le falte garra o energía o movimiento rítmico.

La BBC llevó a cabo una investigación en la década de los 40, que demostraba que la distorsión inferior a unos 6-10 ms es casi inaudible, lo que fue la base para el tiempo de integración de 6 ms del medidor PPM de la BBC. En este mundo moderno de estado sólido, cierta distorsión de los transitorios tan reducida como 1 ms, cambiará el sonido audible del transitorio inicial, particularmente en instrumentos como el piano. Así que esté seguro de utilizar sus oídos antes de limitar o reducir transitorios incluso más cortos. Con un equipo y técnica de masterización adecuado, el material programado de amplio rango con una autentica tasa pico a medio de 18 a 20 dB puede a menudo ser reducida a unos 14 dB con poco efecto en la claridad del sonido. Esa es una de las razones por las que la cinta analógica 30 IPS sea el medio adecuado en el que realizar las mezclas: lleva incorporada esta función de limitación. Una regla general es que los transitorios de corta duración (de unos pocos milisegundos) de **fuentes digitales sin procesar** pueden ser reducidos alrededor de 4 a 6 dB con poco efecto en el sonido, **sin embargo, esto no se puede hacer con las fuentes de cinta analógica,** que ya han perdido los transitorios de corta duración. Cualquier mayor reducción de los transitorios a través de la compresión o limitación no será transparente (aunque puede todavía ser estéticamente aceptable o incluso deseable).

Todos los limitadores digitales afectan al sonido de alguna manera, suavizando los transitorios e incluso engordando el sonido ligeramente, ya que nos permiten elevar el nivel medio y la sonoridad. Cuanto menos usemos la limitación, más limpio y más elegante será el sonido, a menos que estemos buscando un sonido con transitorios más suaves. En una sesión de masterización ideal, el limitador solo debería actuar sobre los picos ocasionales inaudibles. La distorsión de limitación es especialmente audible en el material que ya tiene poca información de pico, porque un limitador no esta diseñado para trabajar sobre la parte de RMS de la música y los limitadores pueden sonar bastante andrajosos cuando se introducen en la zona de RMS. Tenga cuidado con la fuerte distorsión de bajos porque las constantes de tiempo de un limitador son demasiado rápidas para una optima compresión.

Se puede leer en un manual de un cierto limitador digital "Para los mejores resultados, comience con un umbral de -6 dBFS". Esto es como decir "siempre ponga una cucharadita de sal y pimienta en su comida antes de probarla". En vez de esto, los ingenieros de masterización deberían calcular cuanta limitación utilizar basándose en la sonoridad absoluta deseada (comparada con otros discos compactos) y cuanta degradación podemos aceptar. Algunas fuentes pueden tolerar 6 dB de limitación sin una degradación significativa, otras 1 o nada.

El Limitador Digital Más Transparente del Mundo

¡El limitador más transparente es no utilizar ningún limitador! Cuando intentamos hacer que una

* Cuanto más rápido sea el tiempo de liberación, mayor será la distorsión, lo que es la razón de porque solo los limitadores exitosos, que utilizan tiempos de liberación extrarápidos tienen un control de **autoliberación** (*auto-release*), que reduce la velocidad del tiempo de liberación si la duración de la limitación es mayor que unos pocos milisegundos. El tiempo efectivo de liberación de un circuito de autoliberación puede ser tan corto como un par de milisegundos, y tan largo como 50 a 150 ms. Si la limitación es un transitorio muy corto (invisible), el tiempo de liberación puede hacerse muy corto.

sección suene más alto, si hay una sobrecarga de pico muy corta (transitorio), por ejemplo, durante un apartado de redoble de tambor, un ingeniero de masterización habilidoso puede llevar a cabo una caída de la ganancia de corta duración, que puede ser invisible al oído, con el editor del DAW. Esta técnica de *limitación manual* nos permite elevar la sonoridad aparente de una canción sin la distorsión relacionada de un limitador digital, así que es el primer proceso a considerar cuando se trabaja con música de sonido abierto que puede ser arruinada con demasiado procesamiento. A menudo puede bastarnos con una limitación manual de 1 a 3 dB, típicamente para una duración de menos de 3 ms. Pero las caídas de ganancia de mayor duración afectaran al sonido igual o más que un buen limitador digital. Utilizamos una reducción de ganancia tan pequeña como sea posible y cuando tratamos de hacer que el material suene más alto, aplastamos el nivel tanto como sea posible sin recortarlo, ya que ayuda a que el limitador se mantenga invisible.

Comparaciones de Igual Sonoridad

Como la sonoridad tiene tanto efecto en la decisión, es muy importante llevar a cabo las comparaciones a una similar sonoridad aparente. Durante una comparación al instante Antes/Después, la versión procesada puede parecer que suena mejor, si es más alta, pero los oyentes a largo plazo prefieren un sonido menos fatigoso que "respire". Cuando lleve a cabo comparaciones con una misma sonoridad aparente, puede sorprenderse al descubrir que el procesamiento esta haciendo que el sonido sea peor, y que todo era un ilusión.

Al Grano: Compresión el la Masterización de Música

Considere este pasaje rítmico, que representa una pieza de música pop moderna:

shooby dooby doo **WOP**...
shooby dooby doo **WOP**...
shooby dooby doo **WOP**

El punto acentuado en este ritmo viene del último compás (**WOP**), a menudo un golpe de tambor. Si comprimimos fuertemente esta pieza de música, puede cambiar a:

SHOOBY DOOBY DOO WOP...
SHOOBY DOOBY DOO WOP...
SHOOBY DOOBY DOO WOP

Esto elimina por completo la sensación de acento de la música, lo que es probablemente contra producente.

Una ligera cantidad de compresión puede dar lugar a esto...

shooby dooby doo **WOP**...
shooby dooby doo **WOP**...
shooby dooby doo **WOP**

...lo que el doctor recetaría para esta música, porque el fortalecimiento de los sub-acentos pueden dar a la música incluso mayor interés. A menos que estemos intentando crear un efecto especial, y generar a propósito una composición abstracta, es equivocado ir contra las dinámicas naturales de la música. (Como el hombre/mujer del tiempo de la TV que coloca el acento en las sílabas equivocada, porque han sido enseñados a "dar garra" a cada frase: "El tiempo **PARA** mañana será nuboso"). Gran parte de la música hip hop, por ejemplo, es abstracta de manera intencionada - cualquier cosa va, incluyendo ningún parecido a los ataques y declives naturales de los instrumentos musicales.

Para manipular la música se requiere un cuidadoso ajuste del umbral, del ataque del compresor y de los tiempos de la liberación. Si el tiempo de ataque es demasiado corto, el transitorio inicial del tambor podría ser suavizado, lo que haría perder el acento inicial y frustraría por completo el propósito de la compresión. Si el tiempo de liberación es demasiado largo, entonces el compresor no se recuperará suficientemente rápido de la reducción de ganancia del acento principal para hacer subir el sub-acento (escuche y observe el rebote del medidor de reducción de ganancia). Si el tiempo de liberación es demasiado rápido, el sonido comenzará a distorsionarse. Si la combinación de tiempo de ataque y de liberación no es la idónea para el ritmo de la música, el sonido será "aplastado", y más alto que la fuente, pero un "alto debilucho" en vez de "alto con garra". Es un proceso delicado, que requiere tiempo, experiencia habilidad y un sistema de monitorización excelente.

El mejor sitio para empezar a ajustar un compresor es encontrar primero el umbral aproximado, con una tasa bastante alta y un rápido tiempo de liberación. Ajuste el umbral hasta que el medidor de reducción de ganancia rebote, a medida que pasan las "sílabas" a las que quiere afectar. Esto asegura que el umbral este colocado de manera óptima sobre los acentos musicales que quiere manipular, el "punto a seguir" de la música. Entonces reduzca la tasa a un nivel muy bajo y coloque el comienzo del tiempo de liberación a unos 250 ms. De aquí en adelante, es un asunto de realizar un ajuste fino del ataque, de la liberación y de la tasa, posiblemente con un reajuste del umbral. El objeto es colocar el umbral en algún lugar entre las dinámicas superiores e inferiores, con lo que hay una constante alternación entre una alta y baja compresión (o ninguna) con la música. Un umbral demasiado bajo arruinará el propósito, que es diferenciar las "sílabas" de la música, con un umbral demasiado bajo **todo será aumentado a un nivel constante.**

Tasas y Umbrales Típicos

Cuando se trabaja sobre las microdinámicas de la manera comentada arriba, las tasas de compresión más comúnmente utilizadas en la masterización de música van de unos 1,5:1 hasta unos 3:1, estando los umbrales típicos en el rango de entre -20 a -10 dBFS. Pero no existe una regla, algunos ingenieros consiguen excelentes resultados con tasas de 5:1, mientras que una *pintura* delicada puede requerir una tasa tan pequeña como 1,01:1 o un umbral de -3 dBFS. En ocasiones una grabación requiere la compresión invisible más suave sin tratar de alterar sus dinámicas incorporadas. Un truco para comprimir de la manera más invisible posible es utilizar una tasa extremadamente ligera, digamos de 1,01 a 1,1 y un umbral muy bajo, quizás tan bajo como -30 o -40 dBFS, comenzando muy por debajo del punto donde se encuentra la acción. Podemos escoger una tasa reducida para controlar ligeramente una grabación que es demasiado *nerviosa* o dar a una grabación el *cuerpo* que necesita. Es inusual ver tasas tan bajas en el seguimiento de pistas y en la realización de las mezclas, pero son muy comunes en la masterización del material programado completo, en parte porque con material programado completo, mayores tasas pueden llevar la atención a la magia detrás de la cortina o revelar la respiración, las pisadas de pedal u otros efectos no deseados.

Hemos observado antes que cada marca de procesador (tanto los compresores como los expansores) tienen sus propias características únicas y sonido. Parte de la diversión de la masterización (y las mezclas) es descubrir las características especiales de los diferentes compresores. Incluso con los mismos

ajustes, algunos son *lisos*, otros tienen *empuje*, algunos realzan la percusión mejor que otros. Esto no es debido a los tiempos de ataque y liberación *per se*, sino más bien a la curva o aceleración de las constantes temporales, si el dispositivo se recupera linealmente de la reducción de ganancia, o si al principio la ganancia vuelve a la unidad rápidamente o despacio. Los ingenieros de diseño emplean mucho tiempo de investigación comprendiendo estas características particulares, y lo mejor que podemos hacer nosotros los pobres mortales es escuchar y ver que es lo que nos gusta.

Elaborados Controles de Compresor

Algunos compresores proporcionan un control de **factor de cresta,** habitualmente expresado en decibelios, o un rango desde RMS (o media completa) al cuasi-pico y al pico completo. Lo que esto significa es que el compresor actúa o bien en las partes medias de la música, bien en las partes de pico, o en algún lugar en medio. De manera ostensible, los compresores con características RMS suenan más natural, ya que se corresponden con la sensación de sonoridad del oído, pero el compresor de mejor sonido que poseo es sensible a los picos.

El modelo Weiss DS1-MK2 es el primer procesador de dinámicas que jamás he encontrado con **dos constantes de tiempo de liberación** diferentes, *liberación rápida y liberación lenta.* El usuario ajusta un umbral de duración media de los transitorios como 80 ms, por encima del cual el movimiento de sonido es denominado *lento*, y por debajo del cual es denominado *rápido.* De este modo, se puede dar un tiempo de liberación más rápido a los transitorios instantáneos, pero a los sonidos sostenidos uno más lento, lo que resulta en una compresión de sonido más natural, especialmente con una fuerte compresión. Las luces indicadores del panel frontal ayudan a la hora de hacer estos ajustes.

La Compresión y la Monitorización

Recuerdo mezclar una grabación de jazz purista utilizando unos monitores alimentados de manera excelente y equipados con un circuito de protección de controladores, que es ostensiblemente inactivo excepto en los picos. Sin embargo, cuando llegue a mi sala de masterización, descubrí que la grabación "saltaba a la vista" demasiado, y requería un poquito de compresión, un hecho escondido durante las mezclas y que siento que hubiera quedado escondido de manera similar si yo hubiera monitorizado las mezclas con amplificadores de tubo de baja potencia (que llevan a cabo una autocompresión).

Tal y como mencione en el Capítulo 6, es un mito que tenga que "precomprimir" para los sistemas pequeños. Es realmente lo opuesto. Realicé un *master* de *sonido elegante*, en el que estábamos preocupados de que las dinámicas superiores pudieran tener demasiado impacto ascendente. Pero al probar la grabación en un gran radio casete portátil típico o sistema de estantería, los picos eran aplastados en comparación con la audición en la sala de masterización, y de hecho, se hubieran beneficiado incluso de un mayor impacto. Por tanto, he aprendido que si "sobresale un poco demasiado" en un sistema de masterización de alto techo dinámico, entonces probablemente quedará perfecto cuando se reproduzca en un sistema inferior. Sin embargo, nunca se enterará si algo necesita de un poco más de compresión o se encuentra demasiado comprimido, cuando lo escuche en un sistema de monitorización que aplasta el sonido.

MITO:
Se requiere Comprimir el Programa para proteger los pequeños sistemas de reproducción.

El procesamiento Multibanda

La compresión multibanda es probablemente el proceso de audio más poderoso y potencialmente mortífero, que se haya inventado nunca. Básicamente un procesador multibanda trocea la información en

dos, tres o más bandas de frecuencia, para que la acción de la compresión en una banda no afecte a la otra banda. Por ejemplo, si las voces causan un poco de reducción de ganancia no debilitará la batearía de bajo (o viceversa), lo que puede ocurrir si usted utiliza un compresor multibanda. Esta es la virtud y la justificación del proceso de troceado en múltiples bandas. Sin embargo, la compresión multibanda ha sido sobreutilizada, y exagerada en mi opinión. Puede fácilmente producir un sonido muy antimusical o llevar a unas mezclas hacia donde no quieren ir. Esta herramienta requiere de un cuidadoso criterio por parte del ingeniero de masterización.

El procesamiento multibanda se introdujo probablemente por primera vez por TC Electronic en su M5000, después en su ubicuo Finalizer, y se llevó a una gran sofisticación (y mucha mejor calidad de sonido) en su System 6000. Tube-tech ha creado un compresor de tubo de tres bandas. Pero apenas se necesitan múltiples bandas, una o dos bandas son normalmente suficientes. Raramente incluso las grabaciones de hip-hop necesitan más de dos bandas para sonar con fuerza y empuje. Yo utilizo más de dos bandas en mis masterizaciones, solamente unas pocas veces al año, y donde las múltiples bandas son un salvavidas. En gran parte, utilizo la compresión multibanda (y la expansión) para arreglar las mezclas malas que no pueden ser remezcladas, ya que ¡una clave para obtener un gran *master* es comenzar con unas excelentes mezclas!

> *"Una clave para un gran master es comenzar con unas mezclas excelentes."*

Cuando Considerar el procesamiento multibanda

- Cuando hay una pesada, y de alguna manera aislada, batería de bajo y/o un bajo, el trocear el procesamiento en dos bandas evita que los compases de la batería modulen el resto, o viceversa.
- Cuando quiera dejar pasar transitorios (sonidos percusivos) mientras al mismo tiempo da más garra a la sustancia de los sub-acentos o los sonidos continuos. Los transitorios contienen más energía de alta frecuencia que los sonidos continuos, así que trocear el procesamiento en una banda alta y otra baja permite utilizar una compresión más leve o ninguna compresión sobre las altas frecuencias (p. ej., umbral más alto, menor tasa).
- Cuando haya demasiada sibilancia. La sibilancia puede ser controlada utilizando compresión selectiva en el rango de 3 hasta 9 kHz (la frecuencia real tiene que ser afinada escuchando al vocalista). Pruebe con un ataque muy rápido y una liberación media y un acho de banda estrecho para la banda activa.
- Cuando las mezclas son malas o ciertos elementos aparecen debilitados en las mezclas, el procesamiento multibanda puede salvar el día, asumiendo que no es posible un remezcla. Una vez me llegó un proyecto de rap que estaba de algún modo mezclado con unas voces muy bajas y una percusión y batería de bajo extremadamente alta, y no era posible una remezcla. Comprimiendo y después subiendo el nivel de las frecuencias del rango vocal (alrededor de 250 Hz) pude *remezclar la pieza* y subir las voces muy bien. Claramente la compresión multibanda es ¡un poder que debería ser utilizado muy sabiamente!

Sin embargo, lo primero antes de probar un multibanda

- Vea si simplemente aumentando el tiempo de ataque en un compresor de una banda permite que se recupere suficiente energía de los transitorios. O en vez de ello, intente una expansión ascendente (descrita en el siguiente Capítulo).

- Pruebe utilizando pocas bandas, solo dos si es posible. Esto evita el potencial desplazamiento de fase y relaciones antinaturales entre los elementos de las mezclas que pueden convertirse en el enemigo de la delicada creación del ingeniero de mezclas.

¿Ecualización o Compresión Multibanda?

Cuando el procesamiento multibanda se encuentra disponible, la línea entre la ecualización y el procesamiento de las dinámicas se convierte en nebulosa, porque los niveles de salida de cada banda forman un ecualizador básico. Utilice la ecualización sencilla, cuando los instrumentos de todos los niveles necesiten ser alterados. O considere la compresión multibanda, para proporcionar un equilibrio del espectro en diferentes niveles. Por ejemplo, una canción puede tener un sonido estridente cuando se eleva, y es posible simular las características de la saturación eufónica de alta frecuencia de una cinta analógica utilizando un poquito más de compresión en las altas frecuencias.

Si ya estamos utilizando dinámicas divididas, hacemos nuestro primer intento de ecualización con las salidas (compensación de ganancias) de cada banda. La compresión y ecualización multibanda trabajan mano a mano. El equilibrio tonal será afectado por el separador de frecuencias, la cantidad de compresión, y la compensación de ganancia de cada banda. En general, cuanta más compresión más apagado será el sonido, debido a la perdida de transitorios. Yo intento primero solucionar este problema utilizando menos compresión, o alterando el tiempo de ataque del compresor de alta frecuencia, y como un último recurso, utilizo la compensación de ganancia de la banda de alta frecuencia o un ecualizador para restaurar el equilibrio de alta frecuencia.

Recorte, Recorte Suavizado y Recorte Sobremuestreado

El recorte es el resultado de intentar aumentar el nivel más alto que 0 dBFS, lo que produce una onda cuadrada, una forma grave de distorsión. Los recortadores (*clippers*) son dispositivos que cortan momentáneamente, de manera electrónica, picos de la forma de onda para permitir que el nivel global pueda ser aumentado. El recorte suavizado trata de hacer esto con menos distorsión. He decidido que no me gusta la calidad de la distorsión producida por el recorte o el recorte suavizado, a menos a 44.1 kHz SR (véase Capítulo 16). Creo que hay mejores enfoques. El primero es no subir el nivel en ningún caso, ya que muchos discos compactos ya son demasiado calientes para su propio bien. O utilice un buen limitador, que en mis oídos suena mejor que el recorte. En el Apéndice 1, los gurús de la radio Bob Orban y Frank Foti explican porque el recorte es un grave problema para los procesadores de radio. El jurado está deliberando en lo que respecta al recorte sobremuestreado, cuyos efectos no deseados de la distorsión pueden ser reducidos a la mitad dentro del rango audible (20-20 kHz), pero esto no es como realmente como decir *¿ella se encuentra un poco embarazada?*

Compresión, Imagen Estéreo y Profundidad

"No todo los instrumentos deben estar al frente."

Un modo seguro de destruir la profundidad en una grabación es comprimirla demasiado. La compresión hace subir las voces internas en el material musical. Instrumentos que se encontraban en la parte posterior del conjunto son adelantados, y el ambiente, profundidad, anchura, y espacio son degradados. Pero no todos los instrumentos deben estar "al frente". Preste atención a estos efectos cuando compare procesado con no procesado y escuche durante el tiempo suficiente para absorber las sutiles diferencias. En la variedad está el gusto. Como siempre asegúrese de que la cura no es peor que la enfermedad.

El Dilema del Ingeniero de Masterización

Sin compresores en los cambiadores de CD y en los coches, es extremadamente difícil para el ingeniero de masterización satisfacer a las necesidades tanto de los oyentes informales como de los oyentes críticos. Es nuestro deber satisfacer al productor y las necesidades de los oyentes, así que deberíamos continuar utilizando la cantidad de compresión necesaria para que una grabación suene bien en casa. Pero trate de utilizar más compresión de la que se requiere de una escucha doméstica. Este enfoque de echo ayudará a la reproducción radiofónica (véase Apéndice 1). Si hay que llegar a acuerdos para la reproducción en coche o informal, trate de utilizar técnicas de sonido transparente como la compresión paralela (véase siguiente Capítulo), que satisface incluso a los oyentes críticos. Haga pruebas de audición de los *masters* en todos los entornos, con un poco de suerte llegará a un adecuado arreglo.

> *"en la historia de la humanidad han escuchado los humanos tanta música comprimida como la que estamos escuchando ahora."* — Bob Ludwig*

III. Para el Ingeniero de Mezclas: Como Evitar la Hipercompresión... durante las Mezclas y el Seguimiento de Pistas

Carta de un visitante de DIGIDO.COM:

> **Encontré su sitio a través de un enlace. Estaba buscando información sobre como utilizar mis compresores para mejorar mi música. Lo que encontré fue instrucciones sobre como no utilizar mis compresores para mejorar mi música. La calidad de mis grabaciones ha aumentado enormemente desde que leo sus artículos.**

Como Evitar Hacer Mezclas Hipercomprimidas

La **Hipercompresión** es una forma de aplastamiento del sonido, donde todo tiene una intensidad implacable y fatigosa, con transitorios perdidos y definición reducida. Cuando se sobre utilizan, las herramientas de masterización pueden producir este resultado, aunque las herramientas para hacer esto han migrado al estudio de mezclas, con muchos resultados sónicos infortunados (y unas pocas gemas sónicas), en mi opinión. La hipercompresión produce el efecto inverso desde el intento de realizar unas buenas mezclas - una *masa blanda aburrida, sin vida.* Quizás el poco movimiento actual de las ventas de música esté relacionado con la hipercompresión y su tendencia a dar a todo un monótono parecido - ¿está el público votando contra la compresión con su cartera? Últimamente parece que el único sitio en el que podemos disfrutar de un buen rango dinámico e impacto es en las salas de cines. Este libro trata en parte sobre como podemos dar una vida similar a nuestros *masters* de música. En este Capítulo nos centraremos en algunos consejos para el ingeniero de mezclas.

Déjeme contarle una triste historia. Una banda de pop rock una vez me envió unas mezclas con las que ellos se sentían un poquito incómodos, aunque no podían exactamente explicar porque. Cuando recibí el DAT era obvio porque. Aquí va lo que escuché:

- no quedaba absolutamente rango dinámico, estaba "al máximo".
- no había información de transitorios.
- el sonido estaba granulado y literalmente sin vida (aplastado).
- el sonido sonaba alto de manera continua y fatigosa. No podía escucharlo durante más de un par de minutos cada vez.

---

* En correspondencia. Una variación de esta cita se encuentra en *Mastering Engineer's Handbook*. de Owsinsky, Bobby.

† El expresivo término **hipercompresión** fue acuñado por Lynn Fuston de 3D Audio.

- aunque la intención obvia era producir un sonido cálido, claro, con garra, el resultado era exactamente el opuesto.

No era de extrañar que la banda se sintiera incomoda, pero a pesar de ello no podían señalar con el dedo el problema. Todos los elementos de las mezclas se encontraban allí, y la tonalidad parecía correcta. Para mí fue fácil decir: su ingeniero **ha mezclado directamente desde el multipistas, a través de un compresor de masterización de tres bandas, a un DAT.** De alguna manera admiraba su trabajo porque obviamente había estado trabajando como un esclavo durante horas en los diales "perfeccionando" este sonido tan decepcionante. Sorprendentemente, no existían efectos no deseados intermodulares entre las bandas de frecuencia, un ejemplo del poder de esta caja, ya que fui capaz de identificar al instante la marca y el tipo de procesador que había utilizado. Llame al grupo y les pedí que comprobaran si había hecho también unas mezclas sin procesar. Desgraciadamente no lo había hecho. Tristemente, no pude hacer nada para recuperar esta producción. Intente con un poco de expansión ascendente (para deshacer el daño), y la banda sintió que era una mejora pero un expansor ascendente solo puede realizar algo cuando existe "movimiento" en la fuente del que echar mano (para amplificar). ¿Por qué supone que hizo esto? Su motivación provenía de un deseo equivocado de preparar a la grabación para la radio (véase barra lateral).

Aquí hay algunas maneras de evitar la hipercompresión durante las mezclas, lo que ocurre fácilmente cuando las consolas y los DAWs cuentan con un compresor en cada franja de canal. Cada uno tiene su propio estilo de trabajar con compresores y no hay reglas. Pero sugiero que cuando aprenda o comience unas mezclas, ¡empiece por trabajar *sin* ningún compresor! Después descubrirá la necesidad que fue la madre de esta invención. El compresor entonces se convertirá para usted en una herramienta para manejar problemas que no pueden ser manejados con movimientos del potenciómetro, no una muleta o sustituto de unas buenas técnicas de grabación y de realización de mezclas. Aprenda sobre las dinámicas y el impacto natural de los instrumentos musicales, después comience a alterarlas con compresores (lo que puede incluir la utilización de la compresión para crear efectos especiales). Cada 5 años o así, dése a si mismo una revisión de la realidad... trate de hacer una grabación o unas mezclas con poquita o ninguna compresión. Redescubrirá las partes de la música que le dan viveza y que ayudan en su claridad. Es un auténtico reto, pero el curso de refresco puede señalarle que con menos compresión le comprará un sonido más abierto, más musical del que había estado obteniendo previamente.

La Auténtica Receta para Preparar para la Radio (***Radio-Ready***)

La auténtica receta para preparar para radio incluye:

1) Escriba una gran canción original, utilice músicos fabulosos y unos arreglos maravillosos.
2) Sea innovador, no imite.
3) Asegúrese de que la música suena bien en casa. Mantenga las dinámicas con vida, interesantes y sin aplastar, y parte de estas virtudes permanecerán a través del procesamiento de la radio.

Empiece las mezclas en blanco cada vez - libérese de ideas preconcebidas. Aunque usted haya comprimido el bajo en 9 de cada 10 de los últimos 10 álbumes, quizás esta vez no necesite un compresor. Cada músico es individual y su sonido debe ser respetado. En general, cuanto mejor sea el que toca el bajo, se necesitará menos compresión, y hay mayor posibilidad de que la compresión "mutile" su sonido. Si llega a conocer el sonido de sus instrumentistas puede después preguntarse: ¿está intentando capturar el sonido de sus instrumentistas o creando de manera intencionada un nuevo sonido? Consiga unas mezclas estupendas que suenen **vivas** y **claras** y **grandes*** y después más tarde vea cuanto mejor puede hacerse en

* No todas las piezas de música deberían tener un sonido grande, pero pienso que capta la idea.

la *suite* de masterización, ya que hacer las mezclas y masterizar son dos cosas diferentes. Después de estar mezclando durante un rato, compare las mezclas con la mezcla del monitor sin tratar, inalterada (lo que puede ser una experiencia aleccionadora), sea honesto, ¿ha perdido parte de la magia que había capturado el día de la grabación? ¿El sonido se ha cerrado en vez de abrirse?

El proceso de refinar unas mezclas debería siempre incluir la revisión de sus ajustes de compresión (y de ecualización) y el cuestionamiento de su trabajo. Los compresores se utilizan a menudo para crear un sonido de banda más apretada, colocando a los instrumentos de ritmo en un sitio bueno, constante, en las mezclas. Pero el ajuste de compresión equivocado puede llevarse el sentido de la respiración y apertura natural que hace que la música sea animada y movida. Por ello, recomiendo que durante las mezclas, después de que haya insertado unos pocos compresores en ciertos instrumentos (p. ej., el bajo, la guitarra, las voces) y escuchado durante un tiempo, trate de compararlo dejando a un lado los compresores (la completa automatización hace fácil este proceso, almacene dos instantáneas de los potenciómetros para que pueda cambiar entre ellos). Si ha perdido parte de la viveza, o de las sutilezas de la actuación del músico, entonces pruebe reduciendo o eliminando cierta compresión.

Creo que algunos de los ingenieros de mezclas de hoy tienen que aprender (o reaprender) la capacidad de mezclar alta y claramente. La música de rock and roll es a menudo una víctima del abuso del compresor. Recibo mezclas de rock de ingenieros bieninten-cionados que deberían ser más y más altos y alcanzar un clímax pero que han perdido su intensidad, lo que produce un *sonido elevado endeble*.* Hay una inversión de dinámicas, en vez de que el coro suene vivo y dramático, ha sido retirado hacia atrás. Para mejorar un sonido y facilitar el trabajo del ingeniero de masterización, compruebe los puntos culminantes, ¿suenan abiertos, o aplastados? El aplastamiento es un problema habitual en las mezclas de rock, ya que es muy difícil mantener el interés todo el tiempo hacia los picos más altos, pero el aplastamiento es muy difícil de arreglar en la masterización. Un truco es comenzar a mezclar durante el clímax de la canción, hacer al clímax cantar y moverse, utilizando solo la compresión suficiente sobre los instrumentos individuales para hacer el truco, después, vuelva al principio, rómpase los cuernos manejando los potenciómetros donde sea necesario durante los pasajes suaves, **pero sin cambiar los umbrales de la posición utilizada para el pico de la canción.** Esto ayuda a evitar la sobre compresión en los pasajes altos y mantiene el interés del sonido de la canción. Es mejor enviar material mezclado bien y de manera poderosa en los niveles medios, pero que no se encuentre aplastado en los niveles altos. Incluso si los puntos culminantes no suenan suficientemente altos para el ingeniero de mezclas debería considerarlo un *trabajo en progreso*, ya que el ingeniero de masterización puede llevarlo al siguiente nivel de realización, con la garra que necesita en los niveles medios y la fuerza y el volumen de los altos.

Aconsejo en contra de que los ingenieros de mezclas traten de hacer las mezclas a través de procesadores especializados para la masterización a menos que tenga la paciencia de refinar los muchos parámetros contra los parámetros en constante cambio de unas mezclas en progreso. Incluso los compresores en bus incorporados en las consolas no se encuentran habitualmente optimizados para el procesamiento global de la música. Un procesador en el bus cambiará las mezclas de maneras misteriosas,

* "Es como si hubiera habido una curva de desaprendizaje. A medida que la flexibilidad ha mejorado, el respeto por la integridad de la fuente no ha hecho sino desvanecerse, a medida que la gente se ha perdido en las posibilidades." - Bob Olhsson, *Mastering Engineer's Webboard.*

no es predecible si las voces o cualquier instrumento destacarán, y pueden competir con las mezclas en vez de ayudarlas. La compresión de ancho de banda del bus provoca que todos los instrumentos sean modulados por el ataque y los transitorios del instrumento más alto. Un *rim shot* o un golpe de plato puede desmontar la reverberación y el sonido del resto de los instrumentos. Cualquier compresor en un bus de mezclas puede rápidamente convertirse en una muleta, un sustituto de las buenas técnicas de mezclas. Algunos ingenieros de mezclas añaden una compresión de bus complicada *después de obtener las mezclas*, para ver si engorda el sonido sin deteriorarlo. Y para evitar que el compresor de bus "agujeree" en sus mezclas utilizan un ataque/liberación muy lento y muy poca compresión (p. ej., 1 dB).

Juegue a dos bandas. Muchos ingenieros de mezclas subvertirán la **Ley de Murphy de la Experiencia** y grabarán dos versiones para enviar a masterizar, una con compresión de bus y otra sin ello. A menudo encuentro que la versión con compresión de bus tiene un bajo más grueso (que gusta al cliente) pero altos y ataques endebles (que no gustan al cliente), pero en la masterización usted puede su pastel y comerlo también: puedo proporcionar procesamiento de dinámicas con múltiples constantes de tiempo cuidadosamente aplicadas, produciendo un resultado más impactante que todavía tiene un "bajo grueso". Por supuesto, si las mezclas se hicieron de una manera tan agresiva a través del compresor de bus que eliminarlo cambiaría las mezclas, entonces no existe una razón para proporcionar dos versiones, sea consciente de que se está colocando a si mismo en una esquina, si la remezcla no es una opción.

Pero que pasa si quiere mezclar de ***manera agresiva...***

Esto debería ser competencia del ingeniero de mezclas experimentado que sabe que esta es la práctica que funciona mejor para la música concreta, cliente, o audiencia y que reconoce la fina línea subjetiva entre la **compresión de bus agresiva** y la hipercompresión. En otras palabras, algunos ingenieros mezclan a propósito de manera agresiva con el compresor de bus o contra él, lo cual es simplemente correcto si:

- la música lo pide verdaderamente
- el ingeniero de mezclas experimentado es consciente de todos los efectos del compresor de bus en el sonido

Pero tenga cuidado en como lo hace más alto, porque si deteriora la claridad del sonido, hay poco que pueda hacerse para arreglarlo en la masterización. Cuando se mezcla con una compresión de bus agresiva, le aconsejo que se establezca la opinión del ingeniero de masterización sobre estas mezclas en progreso. Recientemente pregunte a un cliente porque estaba utilizando compresión de bus en sus mezclas, y el replicó, "porque creo que no suena suficientemente alto sin él". Pero a través de la demostración, averiguamos que sus mezclas sonaban *endeblemente altas* **pero no mejor** (p. ej., más gruesas, con más garra, más claras, más llenas). Sugiero que se concentre en las mezclas y guarde la cuestión de la sonoridad absoluta para la masterización, a la hora de hacer las mezclas, vaya a **mejorar** cuando lo escuche a la misma sonoridad (es decir, suba la ganancia del monitor hasta que suene suficientemente alto). Creo que los ingenieros de Masterización pueden hacer un mejor trabajo y para mucha música preferiría no recibir mezclas con compresión de bus - podemos tomar una posición más objetiva, haciendo un ajuste fino de las

> *¡Aprender de sus errores le da a usted espacio para cometerlos incluso más gordos!*
>
> — Ley de Murphy de la Experiencia

constantes de tiempo y los anchos de banda, maximizando la calidad del sonido (y el nivel) sin destruir el ritmo, melodía o dinámicas de la música. Cada melodía será ajustada de manera óptima y precisa en el contexto del álbum completo. Intentar este tipo de decisiones durante las mezclas, sin tener la perspectiva del álbum completo es peligroso ya que es irreversible.

Si desea probarse en el proceso de masterización después de las mezclas, por favor, hágalo, quizás como un ejemplo del tipo de sonido que está buscando, pero lleve también unas mezclas de seguridad sin procesar a la sesión de masterización.

La ganancia de monitorización* tiene un tremendo efecto en estas cuestiones de criterio. Cuanto más alto coloque la ganancia de monitorización, menor es la posibilidad de sobrecomprimir. Si las mezclas de música suenan con la adecuada "garra" a una ganancia de monitorización más elevada, entonces deje el resto de la magia para la masterización mejor que añadir otro proceso DSP o llevar al sonido de mal en peor. El vúmetro (a diferencia del medidor de pico) es nuestro amigo. Tenga uno a mano, preferiblemente calibrado a 0 en el vúmetro = - 20 dBFS en el medidor de pico con una onda sinusoidal, o si es necesario, tan alto como un pico -14 dBFS. Si el vúmetro lee en la zona caliente, entonces el sonido puede estar sobrecomprimido.

Deje de Emular a los Discos Compactos Aplastados

Muchos ingenieros de mezclas comparan sus mezclas contra CDs ya prensados pero tenga cuidado en lo que escoja como estándar. Irónicamente, los discos compactos masterizados a menudo no suenan como lo que sale de las mezclas, así que ¿cómo puede emular algo que solo puede hacerse posteriormente a las mezclas? Y emular CDs agresivamente masterizados en las mezclas, puede contribuir al circulo vicioso de la intensificación de la sonoridad. Lo que realmente necesita es escuchar el sonido de unas buenas mezclas *antes* de que sean enviadas a masterizar. Pero ya que esto no esta disponible, escoja de la plenitud de grabaciones de pop que han sido bien mezclados y masterizados de manera conservadora. Visite el *Cuadro de Honor* en www.digido.com, un listado de CDs actuales bien mezclados y masterizados de manera conservadora.

Evitar los Problemas de Compresión durante el Seguimiento de Pistas

Al hacer el seguimiento de pistas de los vocalistas (que tienen la costumbre de zurrar aquí y allí), un compresor bien ajustado puede sonar razonablemente transparente, y la mayoría de los ingenieros coinciden en que el remedio es mejor que la enfermedad. Pero tenga cuidado de lograr un sonido cerrado al tomar medidas cuando el vocalista llega a un nivel alto (lo que reduce la claridad y el impacto), lo que puede ser causado por unas constantes de tiempo inapropiadas, una tasa demasiado alta o la utilización del compresor inadecuado. Compare IN contra BYPASS antes de enviarlo a cinta. Iguale los niveles para hacer una comparación equitativa. Si se da cuenta de que hay demasiada degradación, quizás es hora de considerar un compresor diferente o de cambiar los ajustes que está utilizando. El sonido debería ser abierto y claro... Recuerde que ninguna cantidad de ecualización en las mezclas puede sustituir una clara calidad de sonido durante el seguimiento de pistas. Esto es cierto para todos los instrumentos de delante, incluyendo las trompetas y las guitarras eléctricas. Si es posible, coloque el sonido sin comprimir en una pista libre - puede salvarle la vida. Si existe una regla, nueve de cada diez ingenieros preferirían reservar la decisión sobre la compresión de la batería y la percusión hasta las mezclas. Siempre existen excepciones - cada pieza de música es única.

---

* Prefiero el término ganancia de monitorización al de control de volumen. Véase Capítulo 14.

Capítulo 11

Cómo Manipular el Rango Dinámico para nuestro Disfrute y Beneficio

Parte III: Los Procesos Perdidos

Introducción

Este capítulo presenta dos procesos que deberían ser parte del vocabulario de todo ingeniero de audio. Para tener éxito con ellos, tiene que aprender a pensar a contracorriente, pero merece la pena.

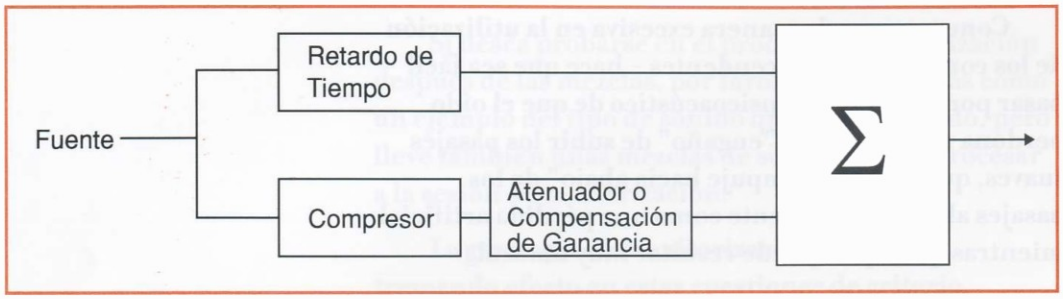
1. Compresión Ascendente

Concentrarse de manera excesiva en la utilización de los compresores descendentes - hace que sea fácil pasar por alto el hecho psicoacústico de que el oído perdona mucho más el "engaño" de subir los pasajes suaves, que el torpe "empuje hacia abajo" de los pasajes altos. Éste se siente como una pérdida artificial mientras que aquel puede resultar muy natural.

Permítame presentarle una venerable técnica de compresión que finalmente ha llegado a la mayoría de edad. Imagine una compresión que requiere de un único mando - sin necesidad de ajustar el ataque, el umbral, la liberación o la tasa. La calidad del sonido es tan transparente* que se requiere de una escucha cuidadosa para ¡darse cuenta incluso de que el circuito está en marcha! Hace unos cuantos años, el ingeniero de radio Richard Hulse, de Nueva Zelanda, analizó conmigo su práctica de la **compresión paralela,**[1] que lleva a cabo la compresión ascendente. Richard estaba utilizando componentes analógicos y conseguía resultados aceptables, pero pensaba que una implementación digital podría incluso sonar mejor y sugirió que probara una. Encontré la versión digital de esta técnica tan satisfactoria que hoy la utilizo a menudo para engordar el sonido y subir los pasajes suaves, en lugar del manejo manual de la ganancia. El principio es bastante simple: Coja un origen, y mezcle la salida de un compresor con ella. Muchos ingenieros de mezclas han probado este enfoque con sus

* Para mí, el término **transparente** significa que la trayectoria de la señal suena tan limpia como el origen.

herramientas analógicas. En el dominio digital, es posible sumar el origen con un compresor sin ningún efecto secundario, utilizando un retardo de tiempo preciso para la señal "seca" que se corresponde exactamente con la del compresor, tal y como se muestra en este diagrama de bloques (se muestra un único canal estéreo):



La técnica de la Compresión Paralela emplea un retardo de tiempo coincidente en la ruta de la señal "seca" para evitar el desplazamiento de fase o el filtrado de peine. Esto produce una compresión ascendente de sonido transparente.

En principio, la distorsión de la técnica de compresión paralela puede ser mucho menor que la de la compresión estándar (descendente), ya que la mayor parte de la señal tiene una trayectoria lineal, y la trayectoria no lineal se añade a la trayectoria principal.[2] La cantidad de compresión está controlada por el atenuador o compensador de ganancia. El objeto de esta técnica es que el compresor paralelo contribuya menos y menos al sonido total a medida que la señal es más alta. Esto se logra utilizando un umbral muy reducido, de este modo, se coloca al compresor paralelo en reducción de ganancia casi todo el tiempo.

Aquí se sugieren unos ajustes óptimos para el compresor paralelo, derivados de los experimentos originales realizados por Richard Hulse:

- Umbral de -50 dBFS. Un umbral muy bajo asegura que el compresor paralelo estará en una extrema reducción de ganancia durante los pasajes altos. Como la salida del compresor paralelo ha sido *empujada hacia abajo* durante los pasajes altos, contribuirá solo de manera insignificante al nivel total. En principio, si añade una segunda señal de 20 dB o más por debajo, la segunda señal no contribuirá de manera perceptiva al nivel total.
- Un tiempo de ataque tan rápido como sea posible. Si se puede, de un milisegundo o menos. Esto asegura que se preserve el impacto transitorio del sonido original, ya que tan pronto como un transitorio alto golpea, el compresor entra en reducción de ganancia. Ayuda que este compresor tenga **anticipación,** lo que significa que incorpora un retardo de tiempo que le permite examinar los niveles de la señal entrante y realizar una reducción de ganancia predictiva.
- Tasa de 2:1 ó 2,5:1 (yo prefiero 2,5). La tasa neta de la cadena paralela varia según la cantidad de compresor paralelo que se esté añadiendo a la señal. Richard ha desarrollado un gráfico así que puede guiarse por los números, pero yo lo encuentro innecesario y simplemente me guío por el oído.
- Un tiempo de liberación de longitud media. Los experimentos muestran que 200 - 350 ms funcionan mejor para evitar la respiración o los golpes de pedal, aunque en casos en el que la reverberación esté muy expuesta, particularmente en la música a *capella,* puede necesitarse tanto como 500 ms para evitar un exceso de énfasis en las colas de la reverberación.
- Nivel de salida o compensador de ganancia, ajustado al gusto. Con el compresor paralelo desconectado (-∞ de ganancia), no habrá compresión. Con 0 dB o más, la compresión se notará mucho, con una elevación en el nivel de los pasajes suaves e incluso medios. Se puede lograr un agradable, sutil compresión con ajustes del compensador de -5 a -15 dB (cuanto menor sea el nivel del compresor, menor compresión total).

Para determinar el retardo de tiempo que se necesita para compensar el compresor, ajuste el compresor paralelo a una tasa 1:1 y a una salida de

ganancia unidad. Si es posible, invierta la polaridad de cada mitad de la cadena. Después ajuste el retardo de tiempo hasta que resulte nulo. Los retardos típicos van de 5 a 10 muestras, pero puede ser mucho más si existe un considerable retardo de anticipación en el compresor paralelo. Si no está disponible la inversión de la polaridad (sin retardo), ajuste el retardo de tiempo hasta que el nivel de la señal sea máximo (tendrá una ganancia extra de 6 dB cuando el retardo sea correcto) y compruebe con ruido rosa para confirmar que no hay un efecto de filtro de peine.

La gente con la que mantengo correspondencia me ha contado que han implementado de manera eficaz esta técnica en Pro Tools, Digital Performer, y en SADiE. Cada procesador digital puede incluir de manera fácil un algoritmo de compresión paralela. Weiss ha incorporado uno en su DS1-MK2. He adaptado un sencillo motor del TC Electronic System 6000 a la compresión paralela estéreo: Alimente a la señal en el compresor 5.1 (*surround*), utilice los canales frontales L/R (Izquierda/Derecha) como la señal "seca", dejando a un lado la cadena secundaria. Utilice los canales SL/SR como la señal comprimida. El retardo de tiempo se encarga de modo automático, ya que todos los canales del compresor 5.1 tienen un retardo coincidente. Después asigno a un potenciómetro el nivel de salida del compresor y ajusto a mi gusto a través de la escucha. El nivel del potenciómetro es una guía clara de cuanta compresión está siendo aplicada, no hay necesidad de mirar al compresor de reducción de ganancia. Durante la operación, el ingeniero a *contracorriente* simplemente busca los pasajes de nivel extremadamente bajo, y ajusta la compresión paralela hasta que los declives del nivel suenan más natural o el sonido se hace más grueso y más lleno si se desea.

La compresión paralela puede también ser utilizada de manera multibanda, para *engordar* de manera separada un bajo, o para dar más presencia a los pasajes de nivel bajo, lo que se parece más a la ecualización dinámica que a la compresión. Asigno a un potenciómetro el nivel de salida de cada banda, y ajusto el sonido a mi gusto. Lo agradable de la cualidad de engorde de esta técnica de compresión, cuando ayuda al instrumento de bajo, es que el cuerpo del sonido se hace más grueso sin destruir el impacto transitorio. O cuando se incrementa la presencia de las frecuencias en los niveles inferiores, el sonido puede ser más claro y mejor definido, sin resultar estridente en los niveles medios o altos.

Incluso con unos ajustes severos, la compresión paralela suena mucho mejor a mis oídos que cualquier aplastamiento que haya oído, originado por una fuerte compresión descendente. A diferencia de la compresión descendente, esta forma de compresión ascendente preserva muy bien los transitorios o ataques iniciales. Además, hay espacio para ser expresivo en los niveles altos con la expansión ascendente (véase siguiente sección) si el material original se comprimió demasiado en los niveles altos. Como cualquier proceso, si la compresión ascendente se empuja demasiado lejos, finalmente llamará la atención en si misma. El primer artefacto audible será un aumento de la parte principal de la señal y una reverberación enfatizada, después, para finalizar respiración o golpes de pedal. Estos artefactos pueden en ocasiones ser reducidos elevando el tiempo de liberación del compresor paralelo. Sin embargo, si la música es tan abierta que el proceso continua llamando la atención en si mismo, la única solución es abandonar el procesador y elevar manualmente los pasajes que son demasiado suaves.

II. Expansión ascendente

Otra técnica de procesamiento infrautilizada, pero increíblemente útil, es la **expansión ascendente.** Algunas personas piensan en un expansor ascendente

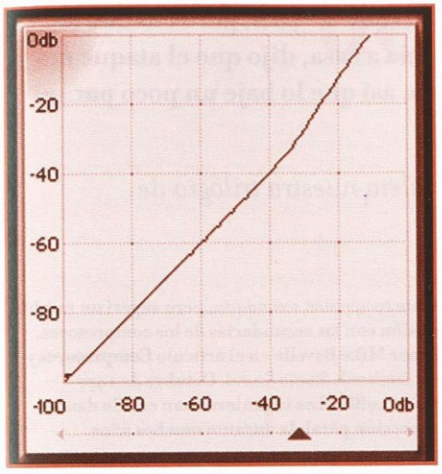
como en un **descompresor,** pero es mucho más que eso (de hecho existe un límite en cuanto sonido puede restaurarse, una vez que ha sido excesivamente comprimido). Más bien, los expansores ascendentes pueden ser utilizados con el fin de enfatizar las diferentes partes del ritmo dinámico, respecto de aquellas afectadas por los compresores descendentes, y el resultado va a menudo más en consonancia con el movimiento natural de la música. Por ejemplo, la expansión ascendente es estupenda para restaurar la viveza de las típicamente poco interesantes muestras musicales de los *samplers.* Puede también devolver los golpes secos a una caja ligeramente aplastada. La expansión ascendente es sin duda una técnica que merece la pena aprender, y no es más difícil de utilizar que un compresor descendente, una vez que aprenda a pensar a contracorriente y utilice el umbral, la tasa y el ataque/liberación.

Históricamente, los expansores ascendentes no eran fáciles de construir hasta la llegada del VCA.[3] Una vez que tenga un compresor basado en VCA, es un asunto sencillo transformarlo en un expansor ascendente invirtiendo el signo (la polaridad) de la señal secundaria. Probablemente, el primer expansor comercial ascendente especializado estaba en un dispositivo fabricado por DBX llamado modelo 117, alrededor de 1971, diseñado para realzar las dinámicas en un sistema de alta fidelidad. Otro temprano expansor ascendente fue el *Phase Linear Peak Unlimited.* El honor para el primer expansor digital ascendente es para el Waves C1 (plug-in), con algoritmos diseñados por Michael Gerzon. El primer expansor digital ascendente independiente estaba en la unidad de masterización DBX Quantum, seguido poco después del DS1-MK2 de Weiss. El Weiss C4 (*plug-in*) es el primer procesador individual que realiza los cuatro procesos de dinámicas, aunque solo puede realizar uno de los cuatro a la vez por banda. Es muy deseable que se pueda hacer de manera simultánea compresión ascendente, expansión ascendente y limitación, en una única caja.

Irónicamente, la compresión descendente no hace más altas a las partes altas, las hace más suaves, empujando los pasajes ascendentes hacia abajo. El aumento de sonoridad se obtiene a medida que el nivel de entrada decrece y el compresor entra en la fase de liberación, lo que aumenta la ganancia. **Por contra,** cuando los parámetros han sido optimizados, **la expansión ascendente aumenta la sonoridad de los pasajes que están subiendo de volumen,** al ritmo del movimiento ascendente de la música. (Por lo tanto, puede ser necesario utilizar atenuación de salida en vez de compensación de ganancia para evitar la sobrecarga de la salida.) Hay un pequeño aumento del rango dinámico, pero si se utiliza de manera delicada con propósitos microdinámicos, el expansor ascendente se convierte en una valiosa herramienta de producción como el compresor descendente.

La figura siguiente muestra una expansor ascendente con una fuerte tasa de 0,75:1 y un umbral a -32 dBFS. Sin atenuación, se sobrecargará con niveles de entrada que excedan alrededor de -10 dBFS. Fíjese que la tasa de un expansor ascendente puede ser expresada en forma decimal o en fracciones, según las preferencias del fabricante. La unidades Waves y DBX utilizan formato decimal, mientras el aparato de Waves expresa esto en forma de fracciones como 1:1,33. Habitualmente, el rango de tasas utilizado en la expansión descendente, es mucho menor que los utilizados al comprimir. Frecuentemente, desde un muy suave 1:1,01 hasta unos 1:1,2 (en fracción); lo que equivaldría a desde 0,99 hasta 0,83 (en decimal). Un valor habitual utilizado para el realce de la música es alrededor de 0,91 en decimal (1:1,10 en fracción).

La siguiente figura contrasta un ataque rápido y lento y una liberación rápida y lenta, cuando se utiliza con un expansor ascendente. Como puede ver, las características dinámicas son las opuestas de los ejemplos de compresor mostrados en el capítulo previo.

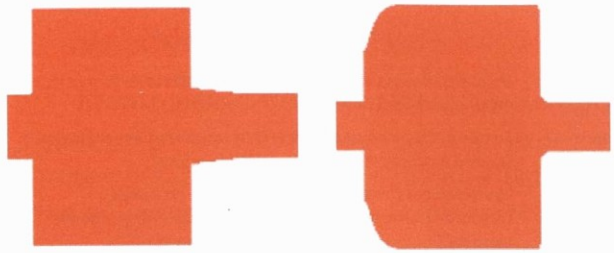


Un expansor ascendente con una tasa de 0,75:1, expresado en decimales (1:1,33 expresado como una fracción). El umbral es -32 dBFS, y sin añadir pérdida, la salida se sobrecargará si la entrada excede aproximadamente -10 dBFS.

El mejor modo de aprender a utilizar un expansor ascendente es compararlo con un compresor descendente, tal y como se describe en el gráfico de la siguiente página (los valores dados en la gráfica se dan solo a modo de guía general).

Soluciones intermedias a la hora de hacer masters "calientes"

Tanto la Compresión Descendente como la Expansión Ascendente dan lugar a compromisos si usted esta tratando de hacer un *master* "super-caliente" (alta sonoridad absoluta). El problema con la compresión descendente es evitar el efecto de aplastamiento y la pérdida de dinámicas. A través de la división de las bandas (multibanda, véase Capítulo 10), puede posponer ligeramente la inevitable degradación del sonido. El problema con la expansión ascendente es que si está tratando de hacer una grabación "caliente", al expansor debe seguir un limitador para

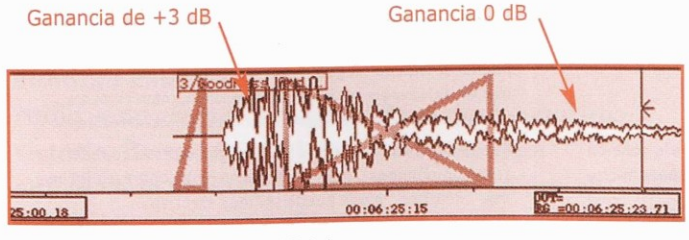


A la izquierda, un expansor ascendente con un ataque rápido, lenta liberación. A la derecha, un ataque lento, rápida liberación.

aumentar el nivel, pero el limitador se peleará con las ventajas del expansor, y pronto resulta el factor limitante (¡uy!). Cuando el limitador se utiliza de manera conservadora, no deteriorará los transitorios agudos, y el expansor ascendente puede hacer su trabajo de hacer más excitantes a las dinámicas ascendentes. Pruébelo evitando el limitador en los niveles de comparación correspondientes y vea si está dañando el sonido de la música. Si es así, y no puede vivir con la degradación como la única solución es masterizar a un nivel más bajo.

III. Cambiando las microdinámicas manualmente

Es posible cambiar las microdinámicas musicales sin utilizar procesadores haciendo ediciones manuales y cambios de ganancia en un DAW. En esta figura, he mejorado artificialmente el ataque de la primera nota de una canción con una muy breve expansión ascendente manual (es la brevedad lo que lo convierte en microdinámico):



La creación de un Sforzando Artificial.

COMPRESIÓN DESCENDENTE	COMPRESIÓN ASCENDENTE
Da al sonido más sonoridad durante la **bajada** de la música (fase de liberación).	Da al sonido más sonoridad durante la **subida** de la música (fase de ataque).
Tiende a hacer al sonido más grueso y exagerar las bajas frecuencias (sujeto a constantes temporales y al umbral).	Tiende a exagerar los transitorios y las altas frecuencias (sujeto a constantes temporales y al umbral).
Los ataques que son demasiado cortos (rápidos) provocan una perdida de transitorios.	Los ataques tan cortos como unos pocos ms pueden restaurar y aclarar los transitorios perdidos (p. ej., desde cinta analógica u originales sobrecomprimidos).
Ataques típicos de 100 ms hasta 300 ms. Menos que 100 tiende a desdibujar los transitorios.	Ataques típicos de 1 ms hasta 300 ms. Si un transitorio suena todavía demasiado afilado a un intento de un ataque mayor que 150 ms, quizás este no es el proceso correcto para esta música, o considere un toque de limitador después de la expansión.
Tiende a hacer que las cosas suenen más apagadas o más cálidas.	Tiende a hacer a los sonidos más brillantes o más agudos.
Si el sonido "salta" demasiado, aumente el ratio, disminuya el ataque, y/o acelere la liberación.	Si el sonido "salta" demasiado, disminuya la tasa, alargue el ataque, y/o ralentice la liberación.
Si el ataque parece demasiado agudo, acorte el tiempo de ataque.	Si el ataque parece demasiado agudo, alargue el tiempo de ataque o considere la compresión.
Si los sostenidos parecen demasiado largos o demasiado prominentes, alargue el tiempo de liberación.	Si los sostenidos parecen demasiado cortos, alargue el tiempo de liberación.
Si el ataque parece demasiado débil, alargue el tiempo de ataque.	Si el ataque necesita una mejora, acorte el tiempo de ataque.
Si no le gusta la percusión (p.ej., la caja), acelere el ataque. Para incrementar la tasa de ritmo a melodía, alargue el ataque. La compresión descendente no es buena a la hora de ayudar en el impacto de los instrumentos de percusión.	Si no le gusta la percusión (p.ej., la caja), ralentice el ataque. Para incrementar la tasa de ritmo a melodía, acorte (acelere) el ataque. La expansión ascendente es muy buena a la hora de ayudar en el impacto de los instrumentos de percusión, sin embargo, en ocasiones a expensas del equilibrio vocal porque la percusión se convierte en más prominente.
	Puede funcionar muy bien con la compresión ascendente, que rellena cualquier "agujero" percibido en los niveles bajos o perdida de sostenidos.
Muy fácil que degrade la viveza o "rebote" de la música, si las constantes temporales no están optimizadas o al sobreutilizarse.	Muy fácil que realce la viveza o "rebote" de la música, pero cuidado con demasiado "rebote" o exageración de las dinámicas.
Tiende a ir **en contra** del movimiento natural de la música, especialmente cuando los parámetros no están optimizados.	Tiende a trabajar **con** el movimiento natural de la música, especialmente cuando los parámetros han sido optimizados.
Tiende a quitar énfasis a los acentos de la música y a enfatizar los acentos secundarios y sostenidos de manera inversamente proporcional a su movimiento original.	Tiende a enfatizar los acentos más cálidos de la música y, en un grado inferior, los acentos secundarios de manera directamente proporcional a su movimiento original.
	Es muy útil utilizar después un limitador, ya que los pasajes altos están siendo subidos por el expansor. Siempre y cuando el limitador se utilice como un truco para bajar durante un periodo corto, los transitorios momentáneos, no disminuirá de manera significativa el efecto de la expansión ascendente. El medidor de reducción de ganancia del limitador debería moverse muy poquito y en breves ocasiones, mientras el medidor de incremento de ganancia del expansor debería rebotar con las sílabas de la música que está siendo realzada. Sin embargo, si el medidor de reducción de ganancia del limitador comienza a reflejar el medidor de incremento de ganancia del expansor, entonces los dos procesos se están anulando el uno al otro y hay demasiada limitación.
Puede disminuir el rango dinámico global de la canción (macrodinámicas), además de afectar al ***rebote*** micro-dinámico de la música.	Puede aumentar el rango dinámico global de la canción (macrodinámicas), haciendo que un clímax parezca incluso más climático, lo que puede ser muy efectivo.

A la izquierda, los primeros milisegundos de la nota tienen una mayor ganancia (en este caso 30 dB), y después hay un fundido encadenado a una ganancia de 0 dB, dando lugar a un *sforzando*. **Una historia interesante es que el productor estaba buscando una sorpresa al comienzo de esta pista, e inicialmente le puse el comienzo del ataque a +5 dB, pero cuando se llevó el CD de referencia a casa, dijo que el ataque era demasiado inesperado, así que lo baje un poco para el** *master* **final.**

Este capítulo completa nuestra trilogía de dinámicas.

---

1 **Lo que él llamaba inicialmente** *compresión secundaria*, **pero sugerí un cambio de nombre para evitar confusión con las secundarias de los compresores. Esta técnica fue publicitada por Mike Bevelle en el artículo Compresores y Limitadores** (*Compressors and Limiters*), *Studio Sound*. **Octubre de 1977 (también reeditado en Junio de 1988). Los ingenieros han estado dando vueltas a las técnicas de compresión paralela durante muchos años.**

2 **Éste era el principio de los sistemas Dolby A/SR, que utilizaban una trayectoria de señal directa sumada a una comprimida,** *lo que hacia el menor daño posible al audio.*

3 **Amplificador de voltaje controlado. En una consola como Solid State Logic, todo el audio en un canal pasa a través de un VCA. La activación de puerta y la compresión se llevan a cabo sumando la información secundaria y alimentándola al elemento de control de voltaje del VCA. Es trivial añadir funciones de expansión ascendente a cualquier procesador de dinámicas tipo el VCA.**

Capítulo 12

La Reducción de ruido

I. Introducción

El antropólogo Benjamín Whorf observó que los esquimales tienen numerosas palabras para *nieve.* De forma similar, los ingenieros de audio distinguen un gran número de categorías de lo que colectivamente se denomina **ruido.** Los profanos por lo general no distinguen la **distorsión** del **ruido** pero lo encontramos útil: **La distorsión es un subconjunto de la categoría general que llamamos** *ruido:* es una clase de ruido que está correlacionada con la señal. La distorsión puede ser de niveles bajos y actuar de manera muy parecida de lo que normalmente llamamos **ruido,** o puede ser de niveles altos y bastante molesta, residiendo en los picos de la señal. El ruido mismo puede ser continuo o intermitente, aleatorio o semi-aleatorio, coloreado (conteniendo componentes identificables de la frecuencia), impulsivos, agrietado, de clics, irritante (principalmente de alta frecuencia), o oclusivo (principalmente de baja frecuencia).Cada clase de ruido molesto requiere su propia cura técnica especializada, pero ¡la cura más poderosa es simplemente ignorar el ruido! A menudo los ingenieros tendemos a olvidar que el oído tiene un mecanismo de reducción incorporado, que nos da la capacidad de separar la señal del ruido, y escuchar la información enterrada en el ruido. De este modo, la clave para una reducción de ruido de buen sonido no es eliminar todo el ruido, sino aceptar una pequeña mejora como una victoria. Recuerde que las señales más altas enmascaran el ruido, y recuerde también que el público general no ve el ruido como un problema. Están prestando atención a la música, y ¡también

> *"Ningún sistema de reducción de ruido de una etapa es perfecto: todos los sistemas de reducción de ruido se llevan cierto grado de la señal con el ruido."*

MITO:
"Sé que no puede escuchar nada excepto ruido en está cinta, pero si puede quitarlo todo, será capaz de escuchar a mi marido teniendo sexo con su amante."†

debería hacerlo el ingeniero! Así que antes de considerar cualquier técnica de reducción de ruido necesitamos considerar si un ruido de verdad distrae la atención.

Los métodos de reducción de ruido descritos en este capítulo son todos de **una etapa** a diferencia de los **complementarios.** El sistema Dolby™ es un ejemplo de un sistema de reducción de ruido complementario, o de dos etapas, que aplica un proceso durante la grabación y un proceso opuesto durante la reproducción. Un hecho importante: ningún sistema de reducción de ruido de una etapa es perfecto, todos los sistemas de reducción de ruido se llevan cierto grado de la señal con el ruido. Los efectos de un proceso agresivo de quitar ruido incluyen: filtro de peine, o ruidos de fase, conocidos de manera semi-afectuosa como *monos del espacio*, y golpes de bajo nivel, sonidos oclusivos. Una agresiva reducción de ruido puede así mismo eliminar el ambiente y la atmósfera crítica de una grabación.

> La dificultad reside en el hecho de que la reverberación tiende a descomponerse en ruido. Sin embargo, gran parte de la información direccional y el ambiente que percibimos viene de la reverberación. Por tanto, elimine la reverberación con el ruido, y - en efecto - ha eliminado las paredes, el suelo y el techo de la habitación.*

Sonic Solutions No Noise™ y Cedar De-Noise permiten el ajuste fino de la respuesta de frecuencia de la curva de reducción de ruido, y un ingeniero habilidoso confeccionará aquella curva de respuesta para una mejor solución intermedia entre los artefactos y la percibida reducción de ruido. ¿Qué es lo que distingue a un buen trabajo de reducción de ruido de uno malo? - *el Buen Gusto.* El ingeniero debe mantener de manera continua la perspectiva, porque cuanto más ruido se elimine, ¡más ruido se revelará (el mismo ruido enmascara otro ruido debajo de él)! Es como pelar las capas de una cebolla. Si elimina ciertas interferencias en el canal derecho, de repente puede escuchar en el izquierdo ciertos tics que no eran audibles previamente. En todos los casos, es necesaria una cuidadosa comparación entre la fuente y el producto procesado para asegurarse de que la música no ha sido dañada. Irónicamente cuanto más silenciosa sea la grabación original, más efectivo puede ser el proceso de reducción de ruido. En otras palabras, cuanto más separada este la señal original del ruido, más fácilmente puede disminuir el ruido el sistema de reducción de ruido sin dañar a la señal. Así que una grabación verdaderamente ruidosa, probablemente no puede ser arreglada sin crear artefactos.

II. Técnicas de reducción de ruido

El Filtrado Simple

Un pasaje con un molesto ruido tipo siseo que no contiene instrumentos de alta frecuencia puede ser tratado con un simple ecualizador de alta frecuencia. Por ejemplo, un solo de piano eléctrico que introduce una canción puede tener mucho siseo, pero ese ruido será enmascarado cuando entre el resto de los instrumentos. Éste es un candidato para un filtro selectivo, digamos una bajada de 1 a 4 dB alrededor de los 3-5 kHz (este es el rango en el que el oído es más sensible al siseo), activo solo durante la introducción del piano. Sin embargo, incluso aquí el filtro afectará los armónicos del piano así que tenemos que hacer una llamada a nuestro criterio.

Los sonidos oclusivos o plosivos son un tipo de ruido relacionado con la señal, así que son una forma de distorsión, y como son principalmente de baja

---

* Gordon Reid de Cedar, en una conversación en el *Mastering Webboard.*

† Un mito de la comunidad de restauración sugerido por Gordon Reid de Cedar. La verdad, es que es casi imposible obtener información comprensible de una cinta si para empezar las voces son apenas inteligibles o audibles.

frecuencia, pueden ser tratados con un filtro de paso alto selectivo, típicamente de 100 Hz pero a veces tan alto como 400 Hz. Si el filtro se aplica brevemente el resultado puede estar libre de artefactos (invisible al oído). En mi DAW, capturo una corta sección con el filtro, entonces utilizando el editor de fundidos encadenados, limito la duración del filtro al sonido oclusivo, con la práctica la técnica puede ser extremadamente rápida. Es también posible editar la parte del sonido oclusivo que causa el conflicto.

La Expansión de Banda Estrecha

Las técnicas de compresión utilizadas en las mezclas y en la masterización (compensación de ganancia, especialmente notable durante el tiempo de liberación) pueden subir el ruido en el material original, como el ruido de siseo de la cinta, el siseo del preamplificador, las guitarras ruidosas y los amplificadores sintéticos, los cuales pueden ser percibidos bien como problemas o bien como "parte del sonido". Esto es lo que hace nuestro trabajo tan subjetivo. Como la compresión agrava el ruido, los expansores son su cura. Tan poco como 1 a 4 dB de reducción en una estrecha banda centrada alrededor de 3-5 kHz pueden ser muy efectivo si se hace de manera correcta, invisible al oído llevado a cabo con un expansor (descendente) multibanda. Normalmente estas unidades cuentan con 3 a 4 bandas, pero utilizaremos solo una. Comience encontrando un umbral, inicialmente con una alta tasa de expansión, ataque y tiempo de liberación rápido. Cero de entrada en un umbral que se encuentra justo por encima del nivel de ruido. Escuchará un feo *parloteo* y rebote del ruido base debido a que las constantes de tiempo son tan rápidas. Ahora reduzca mucho el ratio, por debajo de 1:2, quizás incluso 1:1,1 y ralentice la liberación hasta que haya poca o no percibida modulación del ruido base. Demasiada expansión, y escuchará artefactos como pisadas de pedal o reducción del ambiente. El ataque normalmente tendrá que ser mucho más rápido que la liberación, para que los rápidos crescendos no resulten afectados. Según la música, sus características dinámicas y su original SNR, éste sutil enfoque puede producir reducción del ruido libre de artefactos. Las otras bandas del expansor deberían ser evitadas o los ratios establecidos en 1:1. Un buen expansor tendrá retardo de anticipación, que permite la apertura antes de ser tocado por la señal, conservando de este modo los transitorios. Si el enfoque del expansor no funciona, entonces tendremos que aplicar procesadores especializados de reducción de ruido más sofisticados.

El Filtrado Complejo

El ruido tonal puede ser disminuido utilizando filtrado selectivo de banda estrecha en la frecuencia crítica. **Sonic Solutions No-Noise,** desarrollado por el Dr. J. Andrew Moorer, tiene una compleja opción de filtrado que permite la inserción de muchos filtros de banda estrecha de alta resolución, adecuados para la eliminación de los zumbidos y rumores (los armónicos del zumbido). Antes de insertar los filtros, es útil hacer un análisis FFT del ruido base para determinar que armónicos están presentes, para aplicar solo los filtros que se necesitan. En el 2496 de SADiE o en los sistemas Artemis, hay suficiente potencia DSP para insertar muchos filtros de banda estrecha en tiempo real, y yo tengo un preajuste para quitar zumbidos con unos 25 filtros ajustados para un Q de 40 o superior. He encontrado también que **Backdrop** de TC, desarrollado por el Dr. Gilbert Soulodre, es muy efectivo con el ruido tonal si puede encontrar una muestra de ruido sin señal. Sistemas como Backdrop, Cedar y No-Noise deben tomar una muestra de un breve trozo de música (incluso un segundo servirá) con el fin de eliminarlo sin afectar a la señal.* Lo que nos lleva al punto de que no debería cortarse de manera estricta los comienzos o el material editado, que se

* Cedar llama a esto la *huella dactilar* del ruido.

envía para reducción de ruido, ya que el candidato más probable para el muestreo es un fragmento justo antes de la acentuación del compás.

Los Procesadores Especializados

GML Labs tiene una unidad especializada en la reducción de ruido para el siseo y el ruido continuo. **Cedar** ha producido hace poco un nuevo proceso *milagro* llamado **Retouch,** actualmente disponible solo para estaciones de trabajo **SADiE.** Retouch es capaz de eliminar los ruidos inesperados que ningún sistema previo podía manejar, como el llanto de un bebe, los crujidos de una silla, incluso gente hablando en el medio de una toma. Es muy caro, pero no existe sustituto cuando se necesita.

Algunos fabricantes se especializan en una clase de ruido, algunos tienen cajas separadas (caras) para arreglar cada uno de ellos. Cada tipo de ruido - arañazos, interferencias, siseo, zumbido, ruidos sordos, golpes, ruidos regulares e irregulares, ruido de niveles altos y de niveles bajos - necesita su propio especializado algoritmo de corrección. Un quita interferencias es en realidad un múltiple quita chasquidos, así que requiere gran potencia DSP. Sonic y Cedar tienen los sistemas de reducción de ruido de gama alta más populares con interesantes competidores de Algorithmix, Audio Cube, TC Electronic y Waves. El enfoque de Sonic al ruido continuo, como el siseo, los ruidos sordos, es la utilización de 2048 filtros individuales contiguos, constituyendo un serio expansor multibanda. Los artefactos son minimizados ya que el procesamiento multibanda evita la interacción entre las bandas. Sequoia tiene un excelente filtro FIR que le permite coger de manera visual y ergonómica cada armónico problemático y reducirlo. Cuando el ruido de la fuente varia en frecuencia, como el de cintas analógicas con velocidad variable, es necesario una clase especial de **filtro de seguimiento de pistas.**

Backdrop de TC se basa en las psicoacústicas y en el enmascaramiento de ruido y es muy efectivo en ruido continuo o tonal como los ruidos sordos, el zumbido, el siseo y los estruendos, con artefactos mínimos si se ajusta adecuadamente. Obtiene lo que paga, y el oído crítico puede notar la diferencia de calidad entre los sistemas más caros y más baratos.

III. El Alimento de Un Hombre Es el Veneno de Otro

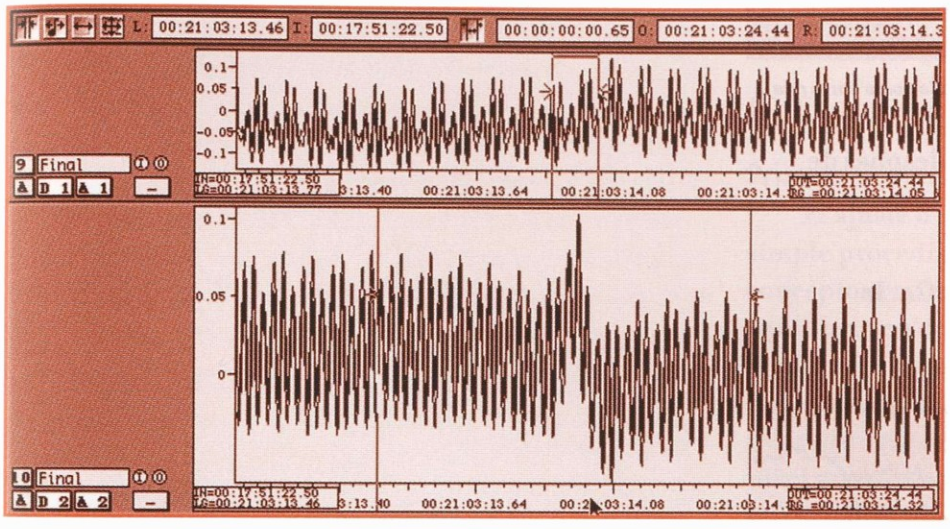
Una vez mastericé un álbum de punk rock en el que el inicio de una canción tenía un obvio tic eléctrico en la parte superior de la nota del bajo. Elimine el tic y a la nota se le restauró su belleza - creía. Pero entonces escuche del productor que echaba de menos el tic así que tuve que volverlo a poner. De este modo, se prueba que *la belleza se encuentra en el oído del que escucha*, y que muchos ruidos son considerados parte de la música. Aprenda a conocer cada forma musical (especialmente punk rock) y en algunos casos ¡piense en dejarlo sucio en vez de limpio!

IV. Quitando los Clics, los Golpes, la Distorsión, los Sonidos Oclusivos... Manualmente

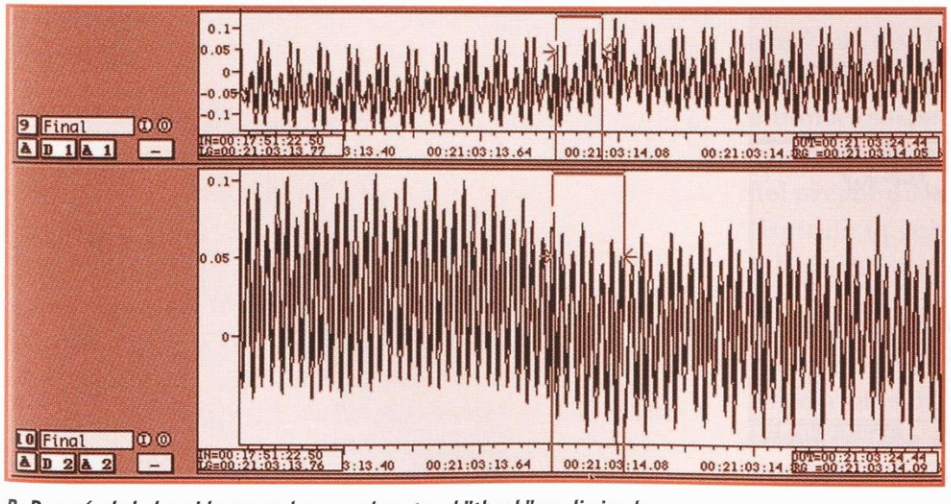
Un buen sistema de masterización debería llevar integrado un sistema de reducción de ruido manual, que nos permita limpiar rápidamente y de manera selectiva ruidos momentáneos. Quitar los clics, los golpes, la distorsión, los sonidos oclusivos, y otras técnicas son características importantes del sistema de masterización. La siguiente figura, parte A muestra un ruido de *thunk* de una grabación de LP. Al canal izquierdo de esta figura (panel superior) ya se le ha quitado el *thunk*, tal y como puede verse por el marcador horizontal por encima de la onda de forma del canal izquierdo. Al reproducirse, el ligero cambio

del nivel DC que permanece no se traduce en un ruido audible. El canal derecho contiene un severo thunk manifestado por una subida instantánea, seguido de una disminución del nivel DC (lo que causa que los woofers vibren). Con el quitado de clics manual de Sonic Solutions, el proceso de selección es tan simple como marcar el sonido con las puertas y seleccionar **D Type** del menú. D Type es un poderoso interpolador que puede coser formas de onda "imposibles" e incluso eliminar breves caídas o huecos sin efectos audibles.

En la figura parte B, el *thunk* de baja frecuencia y la mayoría de la discontinuidad DC han sido reparados, y el cambio de subida del nivel del DC que permanece (probablemente combado del disco) no produce un sonido audible.



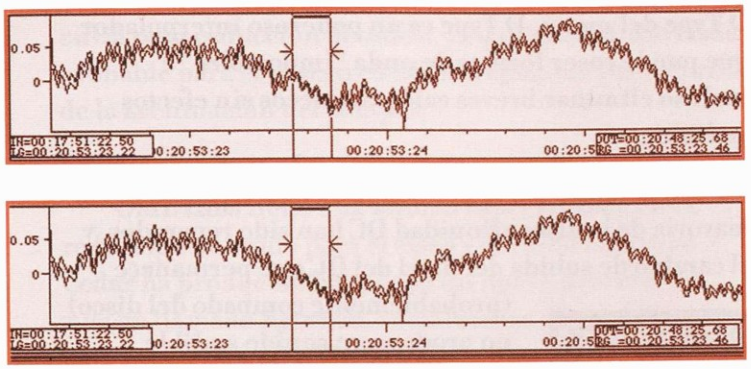
A: Un "thunk" en el Canal Derecho (diferentes alturas de panel reflejan diferentes ampliaciones visuales, no diferentes amplitudes). Al canal izquierdo ya se le han quitado los ruidos.



B: Después de haber sido reparado manualmente, el "thunk" es eliminado.

Las grabaciones en LP no son las únicas fuentes que necesitan la eliminación de los clics. Algo tan simple como un molesto "relamerse los labios" puede ser limpiamente y rápidamente suprimido, y la breve distorsión de sobrecarga puede también ser limpiada por la técnica de interpolación. El quitador de interferencias puede también reducir la sibilancia de manera selectiva. Utilizo en vez de ello un controlador general de la sibilancia cuando hay solo un pequeño número de eses molestas en la grabación. E-type puede también reducir y en ocasiones eliminar la estridente calidad de sonido del recorte y los overs digitales.

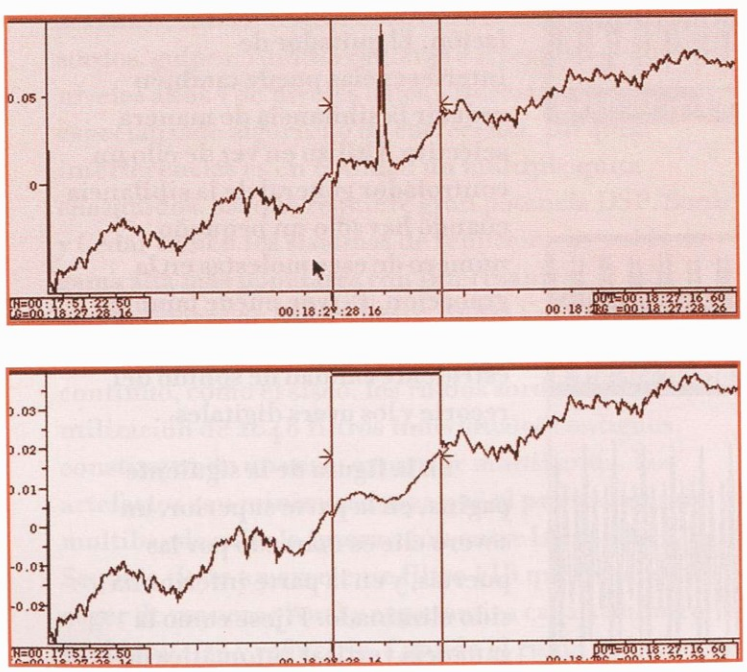
En la figura de la siguiente pagina, en la parte superior, un severo clic es marcado por las puertas, y en la parte inferior ha sido eliminado. Fíjese como la ganancia vertical automática de Sonic Solutions amplifica convenientemente la pantalla a la



El clic del panel superior ha sido eliminado en el inferior (marcado por la barra roja).

mayor amplitud de vista, que ya no es el clic después de haber sido eliminado.

Aquí hay otro ejemplo remarcable de Antes/Después (con un moderno ordenador G4, la reparación lleva unos 3-5 segundos).



En la parte superior, un clic es rodeado por las puertas. En el inferior, después de escoger el D-Type del menú de No-noise, el clic es eliminado.

El quitado de clics manual es una labor extremadamente laboriosa pero agradecida, es como alquilar un meticuloso jardinero para eliminar cada mala hierba de su jardín a mano, en vez de utilizar productos químicos dañinos.

Capítulo 13

Otros Procesamientos

I. Introduction

En este capítulo hablaremos de técnicas importantes como el modo de determinar la correcta polaridad y el equilibrio entre canales. Además, presentaremos algunos procesamientos especializados como la Ecualización MS o la compresión MS... Y el mundo de los procesadores de masterización incluyendo la reverberación, la extracción de ambiente, "replicadores", excitadores, etc.

II. El Acto de Equilibrar

Primero Compruebe el Equilibrio del Monitor

El ajuste del equilibrio entre canales parece un simple procedimiento, pero mucha gente tiene conceptos erróneos sobre como obtener el correcto equilibrio exterior. Antes de hacer cualquier juicio del equilibrio de canales programado, primero verifique que sus propios monitores estéreo están equilibrados. Reproduzca una señal mono de ruido rosa al mismo nivel en ambos altavoces estéreo y confirme que la imagen del ruido rosa se encuentra firmemente centrada entre los altavoces en todas las frecuencias del ruido rosa. Maneje arriba y abajo el control del nivel del monitor dentro de los rangos normales y confirme que la imagen del ruido rosa permanece centrada. Si no se encuentra firmemente centrada, entonces sospeche de los separadores de frecuencias, los *drivers*, el control de nivel, el equilibrio de canales del preamplificador o de la acústica de la habitación. El Capítulo 14 cubre en más detalle el proceso de calibración del monitor.

La **Polaridad** es la "dirección", positiva - o negativa - que surge de una señal eléctrica, hacia fuera o hacia adentro para un transductor y el estándar recomendado es que el voltaje positivo significa una presión positiva. Si hay un "agujero" audible entre los altavoces izquierdo y derecho (especialmente obvio en

las bajas frecuencias), entonces una altavoz se está moviendo hacia adentro mientras otro se está moviendo hacia fuera, por lo tanto las dos ondas frontales se están cancelando acústicamente en cierto grado. Esto se define como **polaridad relativa incorrecta,** provocada por un cableado inadecuado. Muchos de nosotros todavía utilizamos la frase anticuada "los altavoces se encuentran fuera de fase", pero realmente queremos decir que se encuentran "fuera de polaridad entre ellos" (porque *fase* en realidad significa *tiempo*). En un sistema de reproducción de 2 canales, la incorrecta polaridad relativa provoca un sonido hueco, un desplazamiento de la imagen percibida hacia los lados y no en el medio, con un bajo reducido y una inferior respuesta en los rangos medios. La solución es buscar en cada línea de balance y conexión de altavoz el par de cables que están invertidos.

Eliminación del Desplazamiento DC

La música se siente mucho mejor cuando el equilibrio se encuentra "encerrado". Cuando hago juicios de equilibrio estéreo en el material programado, considero significativos los errores de equilibrio del canal derecho >0,2 dB, pero intento mantener los equilibrios de balance <0,1 dB. Es difícil utilizar los medidores para juzgar el equilibrio de los canales porque en cualquier momento, un canal será probablemente más alto que el otro. He visto canciones en las que el medidor de un canal (pico o VU) es de manera consistente 1 dB o más mayor que el otro, pero el equilibrio es exactamente correcto. Esto es porque algunos instrumentos con dominancia de altas frecuencias se proyectan mejor que lo que los medidores exactamente indican, por ejemplo, con una mandolina en la derecha y una viola en la izquierda, el adecuado equilibrio probablemente ocurrirá con el medidor izquierdo dando una lectura más alta, y también depende ¡de quien este haciendo la parte principal! Ante la duda, cambie el equilibrio 0,1 dB cada vez hasta que suene simplemente correcto.

"Nunca Utilice los Medidores para hacer Juicios de Equilibrio de Canales"

Un indicador de la posición estéreo (véase *Figura 16-01* en las Ilustraciones de Color) puede ayudar, pero la mayoría de las veces simplemente tiende a confirmar lo que ya ha escuchado. Juzgue el equilibrio a oído, y ante la duda, compruebe con el productor, ya que la voz principal es en ocasiones desplazada del centro de manera intencionada. En otras ocasiones, incluso si la voz principal se supone que está centrada, esto puede no producir el mejor equilibrio entre dos instrumentos de acompañamiento situados a la izquierda y a la derecha, o puede sentir que los instrumentos de un lado están compitiendo con la inteligibilidad de la voz. En ese caso tiene que pensar como un ingeniero de mezclas, así que merece la pena comprobar las intenciones del productor. A veces el productor dirá, "oh, no conseguimos que el mix saliera muy bien, es posible que los violines en la izquierda necesiten ser subidos contra las trompetas, utilice su criterio". Pero supone más que 1 dB de ajuste de equilibrio arreglar el problema, puede tener que pedirse una remezcla o si no la imagen del sonido puede acabar desquilibrada, así que merece la pena volver a comprobarlo con el productor.

El Ajuste de la Polaridad Relativa

Los supuestos *conmutadores de fase* de las consolas no cambian el tiempo, invierten la polaridad. Si dos fuentes se encuentran 180° fuera de fase en todas las frecuencias (o en una larga banda de frecuencias), entonces concluimos que se encuentran *fuera de polaridad entre ellas*, y debemos corregir la polaridad de

cada canal. Si el medidor de correlación (véase **Figura 16-01** en las Ilustraciones de Color) muestra una gran diferencia de fase de alrededor de 180° compruebe errores de polaridad entre canales (relativos) conmutando el monitor a mono e invirtiendo la polaridad de un canal. La posición que da el mayor bajo es la correcta. En ocasiones éste es el único método para verificar la correcta polaridad cuando fueron utilizados dos micrófonos omnidireccionales espaciados, ya que hay mucha información aleatoria de fase en este tipo de grabación. Cuando varios micrófonos se mezclan juntos, si solo uno se encuentra fuera de polaridad relativa, hay poco o nada que podamos hacer en la masterización. Por ejemplo, si la percusión sale en mono pero la parte vocal permanece bien, no hay nada que pueda hacer fuera de una remezcla.

El Ajuste de la Polaridad Absoluta

Por convención, la polaridad absoluta es correcta cuando el altavoz se mueve hacia fuera (hacia el oyente) con un ritmo positivo. Primero, compruebe la polaridad absoluta de su sistema de reproducción, con un comprobador de polaridad y una señal de prueba de polaridad. Si no tiene un comprobador de polaridad, reproduzca una grabación orquestar de Telarc y confirme que sus *woofers* se mueven hacia fuera en el comienzo del gran tambor de bajo.

Es discutible si el mecanismo de oído humano puede detectar la polaridad absoluta. Si ambos altavoces se están moviendo hacia adentro, ¿puede usted oír la diferencia? Muchos oyentes dicen ser sensibles a las inversiones de la polaridad absoluta, pero los científicos han mostrado que esto puede simplemente deberse a la no linealidad del controlador del altavoz o a su estructura magnética. A pesar de ello, he producido una prueba de polaridad absoluta para Chesky Records, utilizando un solo de trompeta grabado en un espacio natural con un par de micrófonos Blumlein. Cuando la polaridad es incorrecta, la trompeta aparece (a la mayoría de los oyentes) como a un metro más atrás. Esta es una prueba de que la incorrecta polaridad absoluta puede afectar como mezclamos y masterizamos.

Como ingeniero de masterización digital, trato de buscar pruebas en la forma de onda del *DAW* de que la polaridad es correcta. La mayoría de los instrumentos producen formas de onda con una polaridad ambigua, pero el comienzo principal de la batería de bajo debería ser de recorrido positivo, y un solo de trompeta en una nota sostenida produce una marcada forma de onda de recorrido positivo. Las pistas muestreadas de tambor de batería de bajo han sido a menudo tan estropeadas que usted no puede decir que polaridad tienen desde la forma de onda. A parte de con la evidencia directa, todo lo que puede hacer es experimentar con ambas polaridades para ver que es lo que suena mejor. Desde luego asegúrese de que la polaridad de ambos canales se encuentra cambiada.*

El Arreglo de los Cambios de Fase y Errores de Acimut

Las consolas digitales modernas tienen también controles para manipular la sincronización. Un pequeño error de la sincronización entre dos fuentes es un *error de fase*, que puede provocar filtro de peine especialmente si se combinan en un canal. Si las dos fuentes se encuentran 180° fuera de fase tan solo en unas cuantas frecuencias, entonces se encuentran fuera de sincronización (desplazamiento de fase), no fuera de polaridad.

El procedimiento para corregir los pequeños desplazamientos de fase entre canales requiere un oído agudo y experimentado. Debe tener un control de sincronización calibrado a través de muestras. Conmute el monitor a mono, aumente el retardo en ambos canales de manera equivalente alrededor de 5 muestras. Entonces aumente y disminuya una muestra

* Invertir los cables de los pins 2/3 de un cable AES/EBU **no afecta al audio** de ninguna manera. La inversión de la polaridad puede llevarse a cabo en el dominio analógico, o con un procesador digital.

cada vez, la sincronización relativa de un canal. Utilice el control de sincronización como el foco de una cámara, siendo la meta una mayor respuesta de alta frecuencia y el mínimo filtrado de peine en el centro del foco. Este procedimiento puede ser también utilizado para alinear micrófonos focales con los micrófonos principales, (como se describe en el Capítulo 17) y es el modo de ajustar el acimut analógico si no existen tonos en la cinta. Los incrementos de una única muestra son muy ásperos a 44,1 kHz SR, que es por lo que Cedar ha inventado el corrector acimut digital, que tiene incrementos de la sincronización inferiores a la muestra, ajustados a un 1% de la muestra.

Eliminación del Desplazamiento DC

En ocasiones los convertidotes A/D pobremente calibrados añaden un desplazamiento DC, donde la línea de centro de la forma de onda en reposo, no es exactamente 0 voltios. Además, algunos procesos DSP pobremente implementados añaden desplazamiento DC. Cuando el desplazamiento DC es excesivo, el techo dinámico se reduce en la dirección del desplazamiento, en otras palabras, el aumento de ganancia provocaría que el audio se recortara prematuramente porque la línea de centro está desplazada. Pero cuando se utilizan los limitadores digitales una pequeña perdida de techo dinámico debido al desplazamiento DC no es un problema. El desplazamiento DC se revela a si mismo en un medidor digital, como una señal estática de bajo nivel, pero esto podría ser ruido, no DC, con el desplazamiento DC, la forma de onda en la EDL durante un pasaje silencioso aparecerá desplazada del centro. Pero la mejor manera para determinar si existe un problema es reproducir y parar el material repetidamente. Si escucha un clic significativo o un sonido oclusivo al comenzar o al pararse, el desplazamiento DC debe ser reparado. Antes de la llegada de los ecualizadores digitales de alta resolución, prefería no arreglar los desplazamientos DC, pero ahora la solución más fácil es un filtro de paso alto muy pronunciado, por debajo, digamos, de 20 Hz.

"Un corrector de tono que suene transparente y que mantenga la sincronización original - todavía no existe."

Corrección de Tono y Tiempo

Es imposible arreglar el tono de un vocalista cuando éste ha sido mezclado con otros instrumentos que se encuentran en tono, así que los ingenieros de masterización no son a menudo requeridos para corregir el tono. Sin embargo, cuando un solista está tocando *a capella*, se nos pide realizar correcciones. **La forma más limpia y sencilla de corrección de tono es una en la cual tanto la longitud y el tono del material son alterados,** exactamente como reproducir un grabado de cinta analógica más rápido o más despacio. Esto se realiza a través de una conversión de la tasa de muestreo, y después reinsertando el material de tasa de muestreo "equivocada" en la EDL - esta técnica puede sonar de manera excelente si se utiliza un buen SRC. Pero en ocasiones se nos requiere para cambiar la velocidad de una canción completa sin cambiar el tono, o el tono sin cambiar la velocidad, lo que son grandes retos. Nunca lo he hecho sin crear una audible degradación en el sonido, en el peor de los casos el ensamblado de estos algoritmos produce un sonido *borboteante u oscilante*, y en el mejor de los casos hay una reducción de la fidelidad,* así que siempre preferimos utilizar el método SRC, más simple, si es permisible. A medida que el DSP se ha ido sofisticando, los correctores de tono y de tiempo son mucho mejores, y me ha bastado con utilizar uno durante cortos periodos, pero todavía no he escuchado uno que sea transparente y se puede escuchar cierta degradación en un entorno de alta resolución.

* Una popular canción de Cher, "Believe", saca partido de las debilidades de estos dispositivos.

III. "Remezclando" en la Sesión de Masterización

Mezclas con la Parte Vocal Arriba y con la Parte Vocal Abajo

La sesión de masterización es a menudo agitada y es una buena idea jugar a dos bandas sacando mezclas alternativas, p.ej., "parte vocal arriba" y "parte vocal abajo" (alrededor de 1/2 a 3/4 de dB). Más tarde, en la prístina acústica del entorno de masterización podemos escoger la mejor mezcla, aquella que funciona mejor en el contexto del proceso de masterización.

Masterizando de las Ramificaciones del Multibandas

Un cliente trajo un DAT, con 10 canciones. En una de las canciones, el bajo no se había mezclado suficientemente alto (esto puede ocurrir incluso al mejor productor). Fuimos capaces de subir el bajo con un ecualizador de banda estrecha que tenia poco efecto sobre la parte vocal, pero cuando el productor se llevó la referencia a casa, se quedó descontento. Desde su punto de vista, las ventajas del bajo aumentado eran desplazadas por el efecto que yo tenía en la delicadeza de la voz. Preguntó si podía traerme un DAT de solamente la parte vocal, para que pudiera ser subida en la masterización.

Pedí un DAT con unas mezclas completas de referencia en un canal para propósitos de sincronización, y el bajo aislado en el otro. Pude cargar el DAT en mi estación de trabajo, sincronizar el bajo aislado, y aumentar el instrumento de bajo en el entorno de masterización sin afectar a la parte vocal. Fue un éxito inequívoco. Este es un ejemplo de una *ramificación* desincronizada, y como el bajo está también presente en las mezclas completas, existe peligro de cancelación de fase entre las mezclas completas y la pista de bajo añadida, si no están perfectamente sincronizadas. No recomiendo esta práctica, en vez de ello, todas las ramificaciones deberían estar sincronizadas con exactitud de muestras, comenzar en la misma marca de tiempo, e idealmente, cada ramificación debería tener elementos únicos.*

Otro cliente que hacía el álbum de un pianista con orquesta trajo un archivo Exabyte de cuatro pistas en formato Sonic Solutions, con el piano aislado en dos pistas. En la masterización pudimos ajustar o ecualizar el solo de piano separadamente.

Cuando unas mezclas estéreo se hacen en múltiples ramificaciones, que son típicamente seis pistas (3 pares), cada una con su propia reverberación: la parte vocal, el ritmo y los instrumentos melódicos. El ingeniero de masterización Bob Olhsson ha señalado que las mezclas *surround* piden el enfoque en ramificaciones, porque los clientes ciertamente no van a hacer múltiples mezclas *surround* "parte vocal arriba" de seis canales. En vez de ello, la masterización se convierte en una extensión del entorno de mezclas. Los productores enviarán cintas de 24 pistas con ramificaciones divididas en múltiples grupos de 5.1, como parte vocal, bajos, ritmo, etc., que si se reproducen a una ganancia de unidad, representan las mezclas tal y como el productor las dejó en la sala de control.

Masterización MS

Los ingenieros de masterización están siempre buscando modos de reparar o realzar un elemento de una grabación, sin perjudicar al resto. Siempre hay elementos de compensación, pero una juiciosa utilización de las herramientas MS puede ser un salvavidas, transformando una buena grabación en una excelente, o salvando a una grabación regular de la pila de polvo. (Nada puede reparar una mala maestría musical, y la afinación automática no funciona en el material mezclado).

---

* Las películas se mezclan siempre en ramificaciones, p.ej., diálogo, música, efectos.

Un cliente había mezclado en una habitación de techo bajoy su bajo era muy retumbante, subía hasta alrededor de los 180 Hz. Al principio la parte vocal bajo ligeramente cuando corregí el bajo resonante, pero a través de técnicas de procesamiento MS, pude producir un *master* perfectamente equilibrado. MS es la abreviatura de Medio/Cara, o Mono/Estéreo. En la técnica de micrófono MS, un micrófono cardioide, puesto de frente es conectado al canal M, o mono, y un micrófono figura ocho, puesto de frente es conectado al canal S, o estéreo. Un simple decodificador (simplemente un mezclador de audio) combina estos dos canales para producir salidas **L** (izquierda) y **R** (derecha). Ésta es la fórmula del decodificador: M más S es igual a L, M menos S es igual a R.[1] Aquí está como decodificar en el mezclador: conecte M al potenciómetro 1, S al potenciómetro 2, mueva ambos horizontalmente hacia la izquierda. Conecte M al potenciómetro 3, S al potenciómetro 4, invierta la polaridad del potenciómetro 4 ("menos S"), y mueva ambos horizontalmente hacia la derecha. Comience con todos los potenciómetros en ganancia unidad, y cambien la tasa M/S a su gusto. Con más M en la mezcla, ésta se convierte más monofónica (centrada), con más S más amplio, difuso, o vago se convierte el sonido. Si silencia el canal M, oirá un agujero en el medio, conteniendo en gran medida la reverberación y los instrumentos en los extremos. Silencie el canal S, y escuchará en gran medida al vocalista, el sonido se colapsa, faltando riqueza y espacio. Hay poca separación entre los canales M y S, pero es suficiente para llevar a cabo la mayor parte del control en un simple 2 pistas. Es estupendo para el trabajo fílmico - la distancia y posición aparente de un actor puede ser modificada por la simple manipulación de los dos potenciómetros.

La técnica MS no tiene que estar reservada como técnica de microfonía. Podemos separar una grabación estéreo corriente en sus elementos centrales y laterales, y después procesar separadamente esos elementos. Digo a mis clientes que estoy haciendo 3 pistas de 2. Por ejemplo, tomemos una grabación estéreo con un vocalista débil, en el canal central. Primero lo conectamos a través de nuestro codificador MS, que separa la señal en M y S y disminuimos el nivel de S o incrementamos el nivel de M. Escuchando a la salida del decodificador MS, *presto*, el nivel de la parte vocal sube, tal y como lo hacen los bajos (habitualmente) y todos los demás instrumentos del centro. Además de ello, la amplitud estéreo se estrecha, lo que a menudo no es deseable. ¡Pero al menos hemos subido al vocalista y hemos salvado el día! De manera similar, he utilizado MS para arreglar la tasa entre un vocalista principal situado en el centro y los cantantes de fondo colocados a los lados, variando incluso la tasa MS entre las letras y el coro de la canción. Algunos procesadores llevan controles de amplitud incorporados, lo que hacen es convertir internamente al formato MS, ajustar la tasa M/S y después reconvertirla al formato LR. El control de amplitud del procesador del *plug-in* del Waves S1 tiene compensación de ganancia, así que el nivel aparente total se mantiene constante a medida que la amplitud es modificada. Puede llevar a cabo lo mismo bajando la S mientras aumenta la M, o viceversa.

Automatizando la Corrección MS. Cuando la parte vocal (o el nivel del centro del instrumento) tiene que ser retocado selectivamente, o el *plug-in* puede ser automatizado, o podemos corregir el problema directamente en una EDL sin utilizar ningún procesador. Para elevar la parte vocal (centrada), añada un duplicado del material en otro flujo, con los canales invertidos. Añada esto a un nivel tan bajo como sea tolerable (típicamente de -12 a -16 dB), ya que si se lleva a un extremo convertirá el material completo a monofónico. Puedo añadir un toque de procesamiento

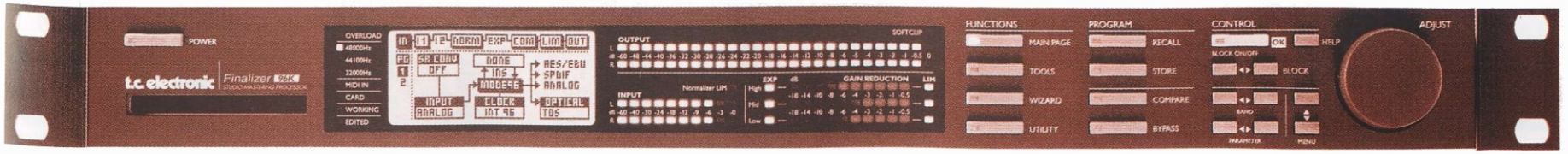
del K-Stereo (descrito más tarde) para compensar cualquier perdida de ambiente, amplitud o sentido del espacio, y disminuir la ganancia del bajo para reducir el canal central incorporado del bajo. En contraste, en los sitios en los que la parte vocal del centro sobresale demasiado, **reste** un duplicado del material en otro flujo, con los canales invertidos. En otras palabras, añada un duplicado del material original con los canales y la polaridad invertidos. Un fundido encadenado hacia adentro y hacia fuera del material en el flujo extra es la automatización que aumenta o disminuye el nivel del material del canal central. Otro modo de automatizar este proceso es añadir un *plug-in* MS codificador-decodificador al mezclador y automatizar el movimiento horizontal entre los canales MS.

Ecualización MS. Podemos obtener mucho manipulando las señales M y S con la ecualización. Tomemos nuestra grabación estéreo con un vocalista centrado débil, lo codificamos en MS, y aplicamos una ecualización separada a los canales M y S. Como el canal M tiene la mayor parte de las voces, podemos aumentar las voces ligeramente aumentando (por ejemplo) el rango de 250 Hz, y quizás también el rango de presencia (por ejemplo, 5 kHz) solamente en el canal M. Esto sube la parte vocal central con poco efecto en los otros instrumentos, y no afecta a la separación estéreo tanto como si hubiéramos aumentado la tasa M/S del espectro completo.

El **Weiss EQ-1** tiene un codificador/decodificador MS opcional que puede ser situado alrededor de la sección del ecualizador. Aumentar o disminuir la ecualización en un canal del ecualizador afecta a la separación estéreo. Extienda los platos sin perder el enfoque de la caja, estreche la imagen del bajo sin perder la separación estéreo de los otros instrumentos, etc. El sensor de la imagen del espectro estéreo del TC Electronic **Finalizer** 96K es esencialmente un ecualizador MS "en su lado", es un control de anchura MS dividido en bandas de frecuencia. Véase más abajo la imagen del **Finalizer.**

Compresión MS. Considere unas mezclas que suenan muy bien, pero en las que la parte vocal se encuentra en ocasiones ligeramente sepultada cuando los instrumentos suben de volumen. Si tratamos de comprimir las mezclas globales, o incluso la compresión de banda estrecha del rango de frecuencia vocal, podemos sentirnos decepcionados de que la acción del compresor arruine el gran sonido de los instrumentos. La compresión MS puede ayudarnos a aislar la compresión hacia el centro o canal M - solo comprimiendo el canal M, subimos delicadamente el centro cuando las señales suben de volumen.[2] O comprimir el canal M y expandir el S lo que ayuda a controlar al vocalista y ¡hace abrirse a la banda![3] O, a través de la compresión multibanda MS, podemos evitar que el bajo se vea afectado por nuestra compresión del rango vocal. En otros ejemplos, podemos obtener aquel sonido especial de golpe de batería comprimiendo solo las bajas frecuencias de únicamente el canal M. Las posibilidades se encuentran únicamente limitadas por nuestra imaginación.

El TC Electronic Finalizer de 96K es un Procesador de Masterización Todo-en-uno.



La Interconexión del Orden de los Procesos

En ocasiones es mejor comprimir antes de ecualizar. Por ejemplo, si la ecualización está siendo utilizada para mejorar el nivel de algún instrumento (p.ej., si estamos buscando un final vigoroso o de impacto), un compresor después de la ecualización puede deshacer el efecto de la ecualización empujando al sonido más fuerte hacia abajo. El 90% de las veces mi ecualizador está conectado antes del compresor, a medida que hago cambios en la ecualización, altero el umbral del compresor para mantener la misma acción. Casi siempre coloco controladores de la sibilancia al principio de la cadena, así que operarán con un umbral constante (sensibilidad) a pesar de cómo se encuentren ajustados los otros dispositivos.

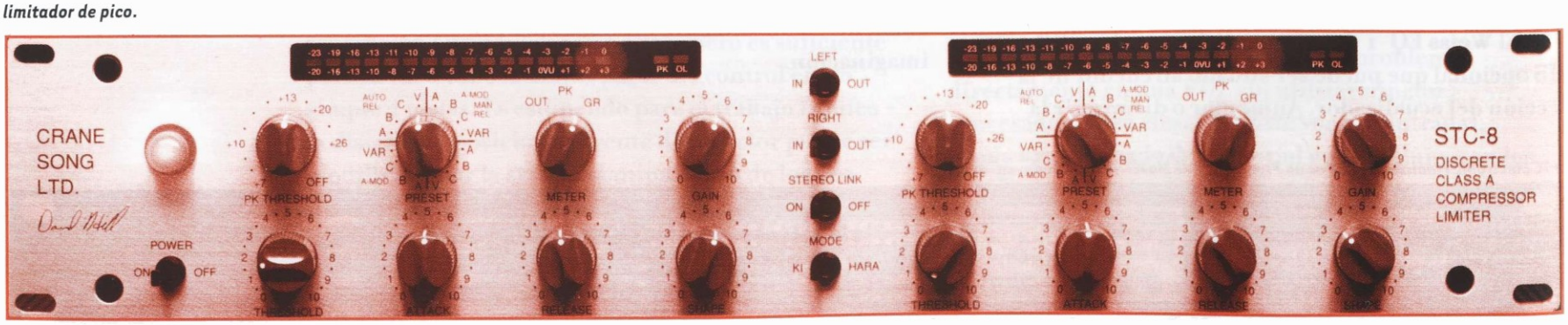
IV. Una Ecléctica Colección de Procesadores de Masterización

Aquí va una breve (en orden alfabético) colección de procesadores utilizados para la masterización en los estudios principales de todo el mundo. Por favor, no saque conclusiones sobre la inclusión o exclusión de una unidad concreta en este conjunto, representan elementos que bien he utilizado o que se han ganando una buena reputación entre otros ingenieros de masterización en cuyos oídos confió. Algunas populares unidades adicionales son descritas en el Capítulo 16.

Los *plug-ins* Contra los Procesadores Independientes

Actualmente, Sonic Solutions utiliza formatos propietarios de *plug-ins* para preservar la mayor calidad de sonido, así que debemos conectar un programa externo que pueda hacer funcionar *plug-ins* como un bucle de efectos. SADiE v.5 tiene un formato propietario de *plug-in*, pero también acepta Direct-X. Desde un punto de vista ergonómico, los *plug-ins* son un poco de todo. Es mucho más fácil operar con una caja independiente con mandos auténticos que un *plug-in* con un ratón, pero existen también procesadores independientes cuya interfaz de usuario deja mucho que desear. Y algunos plug-ins presentan una interfaz de usuario que es tan ergonómica, que es mucho más fácil ajustar los parámetros de múltiples canales de manera simultanear que con ninguna caja independiente. Desde el punto de vista sónico los *plug-ins* han mejorado tremendamente en los últimos años, en particular aquellos *plug-ins* Nativos que emplean arquitectura de punto flotante de 64 bits (véase Capítulo 16). Llegados a este punto, la calidad sonora de un procesador depende de su diseñador más de si el procesador es un *plug-in* o un caja externa. Sin embargo, la presión para reducir la demanda de CPU a menudo da lugar a *plug-ins* con un calidad del sonido comprometida.

El Cranesong STC-8 es un compresor analógico estéreo de alta calidad combinado con un limitador de pico.



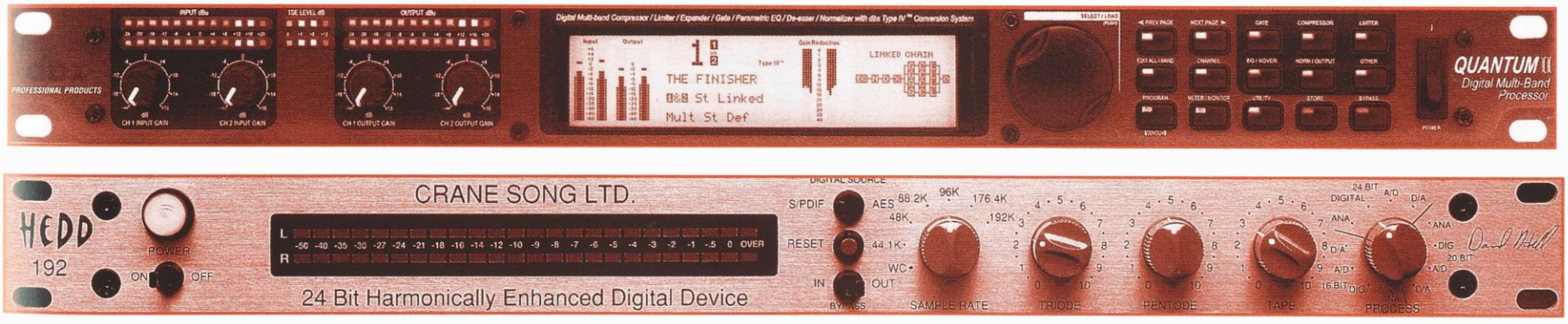
Procesadores Digitales y Analógicos Clásicos (y Casi Clásicos)

El **Cranesong STC-8** (imagen de debajo) es un compresor analógico estéreo de alta calidad combinado con un limitador de pico, y se está ganando una reputación entre los ingenieros de masterización. Los tiempos de ataque y de liberación del compresor STC-8 se encuentran optimizados para los propósitos de la masterización, y es capaz tanto de emular equipos clásicos como de crear nuevos sonidos característicos.

El **DBX Quantum II** es un potente procesador multifunción digital que opera hasta 96 kHz. Todo el DSP se calcula en notación de punto fijo de 48 bits, con un tramado exactamente de 24 bits en su salida para un sonido de baja distorsión. Tiene opciones multibanda y M/S, así como ecualización paramétrica, compresión, expansión y limitación. Uno de los raros procesadores de dinámicas que incluyen tasas por debajo de 1 (véase Capítulo 11), es particularmente valioso para la *descompresión*. Sin embargo, tengo problemas al ajustarme al enfoque de DBX de fijar los tiempos de liberación en dB/seg.; simplemente giro el mando y me guió por mis oídos. Como todas las funciones se encuentran apelotonadas en una única pantalla LCD con múltiples niveles de menú, la ergonomía puede ser desalentadora. Éste es el caso de muchas unidades multifunción, examine y pruebe la estructura del menú antes de comprarlo - en las mejores unidades, las funciones críticas se encontrarán no más de uno ó dos niveles de menú por debajo del superior. [4]

Excitadores

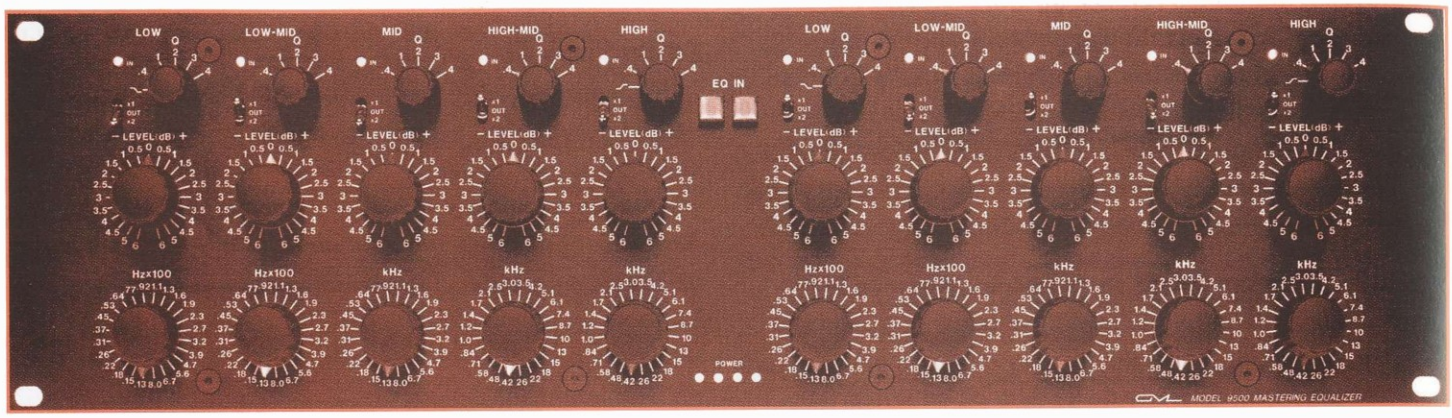
Un excitador es un generador de distorsión. La utilización de los Excitadores puede a menudo llevar a resultados sonoros poco musicales caracterizados por un sonido demasiado brillante, crispado y fatigante. Aconsejo a los ingenieros de mezclas que eviten la utilización de los excitadores en el bus de mezclas hasta su masterización en un entorno acústico más controlado (aunque el uso moderado de los excitadores en instrumentos concretos puede ayudar a unas mezclas). Sin embargo, el **Cranesong HEDD-192** (fotografiado abajo) es un procesador digital que casi no da sensación de digital y que por lo tanto se encuentra en una categoría aparte. Utiliza patrones naturales de distorsión derivados del equipamiento analógico clásico (véase Capítulo 16). Otros excitadores digitales incluyen el **SPL Machine Head y el Steinberg Magneto,** que son procesadores digitales, siendo el último un *plug-in*. Los excitadores analógicos incluyen al **Aphex** y al **BBE.** Cierto número de cajas de multifunción contienen módulos de excitadores, que incluyen el **TC Electronic Finalizer 96** y el procesador de masterización **Drawmer DC2476,** otro procesador de multifunción.



Superior: El Procesador DBX Quantum II es una unidad multifunción que funciona hasta 96 kHz.

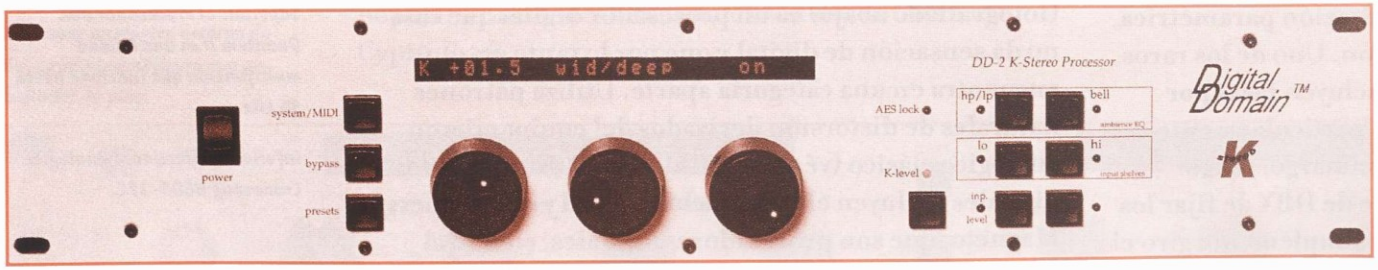
Inferior: El Simulador Analógico Cranesong HEDD-192.

El limitador de tubo **Fairchild** y los ecualizadores **Pultee** no han sido construidos desde los años 60, pero han obtenido tal legendario estatus por su *sonido grueso* que estoy obligado a mencionar estos equipos imposibles de conseguir de pasada. Puede haber algunos sustitutos actuales que lo hacen tan bien o quizás mejor con una electrónica más limpia, más tranquila. Si está buscando el sonido del Pultee o del Fairchild o más, considere las unidades de Cranesong, Manley o Millennia.



Massenburg Equalizer modelo GML-9500

George Massenburg es el ingeniero de diseño de **GML** y el inventor del concepto de la ecualización paramétrica. El modelo de ecualizador de masterización 9500 (fotografiado arriba) es la versión para la masterización del popular ecualizador analógico paramétrico 8200, que ha sido un estándar de la industria y muy popular entre los ingenieros de masterización a lo largo de más de 20 años. GML fabrica también un controlador del rango dinámico analógico y una unidad de reducción de ruido digital.



Modelo de Digital Domain del Procesador de Recuperación de Ambiente K-Stereo DD-2

K-Stereo. El DSP nos permite realizar trucos que no eran posibles en analógico. Inventé los procesos K-Stereo™ y K-Surround™ para realzar la profundidad, el ambiente, el espacio y la definición en mezclas estéreo que de otra manera sonarían empequeñecidas. El K-Stereo extrae el ambiente existente, dando al ingeniero de masterización el manejo sobre los retornos de la reverberación después de realizadas las mezclas. Debería ser la primera elección de mejora antes de intentarlo con un reverberador, porque la reverberación global puede enturbiar una mezcla existente, mientras que el K-Stereo mejora de manera selectiva los elementos de unas mezclas que ya contienen ambiente. Por ejemplo, si unas mezclas tienen una voz húmeda que necesita ser realzada pero también tiene unas cajas secas, el K-Stereo afectará a la reverberación de la voz pero no a las cajas. Lo hace empleando un proceso basado en la psicoacústica que está sujeto a la aplicación de una patente. Digital Domain fabrica el **Model DD-2**

Superior: El Waves L2 Ultramaximizer.

Medio: El ecualizador Manley Massive Passive Stereo.

Inferior: El Compresor Limitador Manley Stereo Variable M .

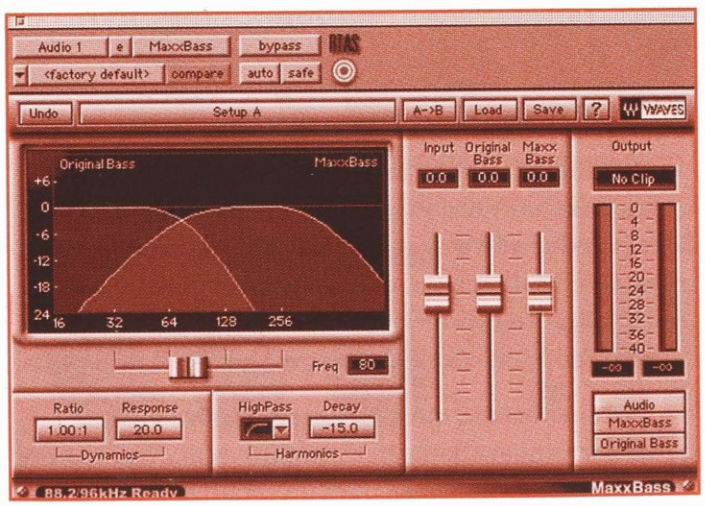
K-Stereo Processor (fotografiado a la izquierda); Z-Systems emplea una licencia del K-Surround en el modelo **Z-K6,** un convertido de 2 canales a 2 canales, y **Weiss** Engineering emplea una licencia del K-Stereo en una unidad multifunción.

El L2 es el primer producto de *hardware* producido por **Weiss** y se ha convertido en un limitador obligatorio en la masterización (arriba del todo). Este dispositivo ha ayudado a engendrar la filosofía estrecha de miras "puedo hacer que cualquier cosa suene más alto de lo que tú puedes". Sin embargo, una auto-liberación excepcional y el procesamiento de 48 bits, hacen al L2 el limitador menos dañino que he encontrado. Si, esto es un cumplido a medias, pero el L2 puede sonar puro y transparente **con unos ajustes de baja reducción de ganancia.** Contiene también el tramado IDR de Waves, que se encuentra entre los tramados de 16 bits de mejor sonido que he encontrado, y un excelente convertidor A/D de 24 bits.

He encontrado que el **Manley Massive Passive Equalizer** (fotografiado en el medio) es marcadamente transparente y silencioso para un ecualizador de tubo. Obtiene su nombre del empleo de una sección de ecualizador pasiva seguida de un silencioso, amplificador de tubo de alta ganancia. Para mis oídos tiene justamente la correcta cantidad de distorsión de

tubo, aunque mantienen la claridad sin ser demasiado "grueso". Tiene también mucha más versatilidad que las aparentes cuatro bandas por canal, porque el Q o control de forma afecta a la curva en estantería tanto como a la de campana, dando el efecto de un ecualizador de 7 u 8 bandas. Merece la pena descargar el manual informativo y humorístico escrito por el versátil Craig "Hutch" Hutchinson de Manley.

Una casa de masterización debería tener una variedad de compresores entre los que elegir, ya que no hay dos que suenen igual, incluso con ajustes de ataque y liberación similares. Varios ingenieros de masterización destacados informan que el compresor de tubo de Manley **Vari-Mu Compressor** (imagen inferior, página anterior) puede ayudar a proporcionar deseable *garra* y *grosor* con música rítmica moderna y es un buen repuesto del clásico Fairchild, que empleaba también técnicas variables de Mu (Mu es la abreviatura de tubo para *ganancia*). La distorsión puede variar de muy baja a *berreante* cambiando la tasa de ganancia entrada/salida.



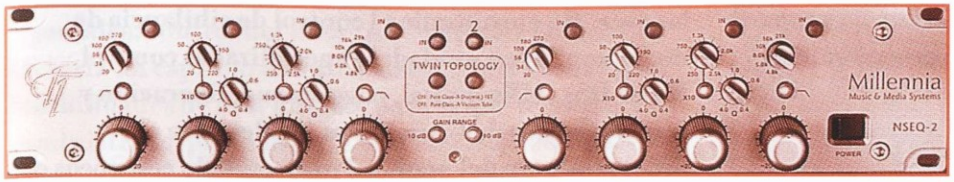
MaxxBass, un Plug-in de Waves.

MaxxBass. Hacer las mezclas es una trabajo duro. Un problema con el que a menudo nos encontramos es un instrumento de bajo con una inadecuada definición o notas poco claras. Obviamente la mejor solución es dar la vuelta y remezclarlo con una mejor ecualización o compresión en el bajo, pero esto no es siempre posible. El *plug-in* de **Waves** llamado **MaxxBass** (fotografiado a la izquierda) esta diseñado para ayudar a clarificar la definición del bajo con un efecto mínimo en el resto de las mezclas. **Es un formato de excitador especializado** y un proceso muy poderoso, que es fácil sobre utilizar, y peligroso emplear sin una monitorización de alta resolución.

Esto no es la del procesador, sino una limitación de trabajar sobre cualquier material mezclado, ya que no puede distinguir el bajo de los timbales aéreos o el bombo y si se sobreutiliza, el resultado puede ser un sonido delgado. Esencialmente el proceso funciona empleando un filtro de paso bajo sobre la fuente, sintetizando los armónicos y después volver a mezclarlos con la mezcla completa. No intente esto con un excitador estándar, porque otra clave del MaxxBass es que vuelve a cronometrar los armónicos con la señal principal, lo que no es fácil de llevar a cabo sin utilizar cajas externas.

Otra utilización del MaxxBass es dar la impresión de una respuesta de bajos en los pequeños sistemas, sacando partido de la propiedad psicoacústica del oído, que suple las frecuencias fundamentales que faltan cuando solo están presentes los armónicos. Observe una antigua película en televisión y puede darse cuenta de que al diálogo se le ha aplicado un fuerte filtro de paso alto por debajo de unos 200 Hz. Si se utiliza MaxxBass para este propósito, sea consciente de que el sonido está siendo adaptado a un sistema pequeño particular y que no se traducirá bien a cualquier otro. De hecho, el producto adaptado puede sonar embarazosamente feo si se reproduce en un sistema de rango completo.

Millennia Media fabrica una línea *Twin Topology* (topología gemela) que puede ser de tubo o de estado



Millennia Media NSEQ-2 Tube y Ecualizador Analógico de Estado Sólido.

sólido con el giro de un conmutador. El ecualizador **NSEQ-2** (fotografiado) tiene probablemente la trayectoria interna de señal más corta de cualquier ecualizador analógico, con un único DC acoplado de estado sólido o amplificador operacional de tubo llevando a cabo las tareas de acondicionamiento de la entrada, ecualización y conducción de la línea. En común con muchos procesadores analógicos de gama alta, el techo dinámico es excepcional, recortando a +37 dBu (estado sólido) y en modo de estado sólido está tan cerca de un *cable recto con ecualización* analógico como nunca he oído (véase Capítulo 16).

Dispositivos de Medida e Interfaces

El Metric Halo Mobile I/O (fotografiado arriba a la derecha) es un estudio de grabación portátil de alta resolución, y en conjunción con SpectraFoo, sirve como una interfaz Firewire multicanal, un analizador portátil del espectro y la distorsión para los problemas del audio analógico y digital. Acoplado a un Titanium G4 Powerbook, es un sistema portátil altamente funcional de análisis y medición. Los análisis de la distorsión y las alteraciones de este libro se realizaron con el MIO y el SpectraFoo.

Otro útil dispositivo portátil de medición y de configuración es el Audio Toolbox de **Terrasonde.** Completado con un micrófono de medición, puede ser utilizado para alinear un sistema de monitorización o simplemente para enviar tonos de prueba a dispositivos externos.

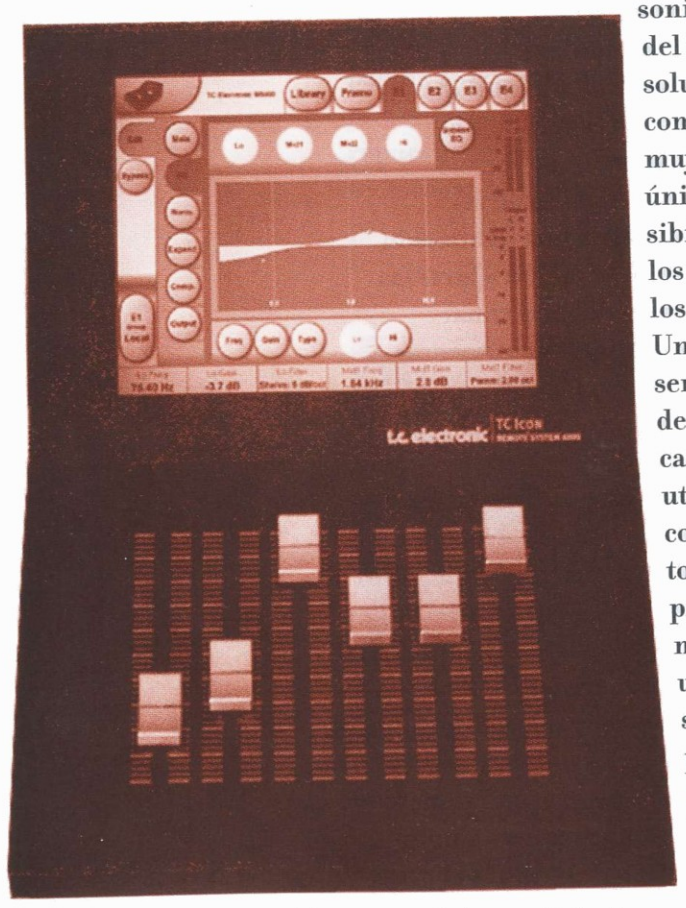
Procesadores de Reverberación- ¿Cuan Fiel Puede Ser?

Un pequeño porcentaje del trabajo que llega para ser masterizado requiere una añadida reverberación. Algunos clientes han hecho las mezclas secas a propósito, porque no tienen acceso a la calidad de la reverberación que tenemos en la casa de masterización, pero la música debe ser de una naturaleza que no sufra si se añade reverberación a cada elemento. La mayor parte de la masterización requiere un reverberador de sonido muy natural, a menos que estemos buscando un breve efecto especial. Mis requerimientos para un reverberador de sonido natural incluyen la excelente simulación de las primeras reflexiones que habría en una habitación real (véase Capítulo 17); si se ponen aparte las primeras reflexiones, debería sonar naturales y ser capaces de mantenerse por si mismas. En 1994, produje un CD audiófilo de prueba único, **Chesky JD111,** que contiene una prueba seco-contra-húmedo que puede utilizar para evaluar el sonido de un reverberador. Coloqué un conjunto de batería en el escenario en el estudio A de BMG, en frente de un único par de micrófonos Blumlein. El patrón del micrófono en forma de 8 capta por igual de frente y por detrás, con lo que captura la reverberación proveniente de la sala en perspectiva estereofónica. Pero primero cerré las espesas cortinas del escenario aislando la batería en la pequeña área del escenario y grabé un solo de batería de un minuto con un sonido muy seco (pista 25 del CD de prueba). Después abrí las cortinas y grabé el solo una vez más con el mismo micrófono, cuya parte posterior registró la reverberación de la sala de dos pisos de 60 x 40 pies,

tratada para la difusión del sonido (pista 26). Compare el sonido de la sala autentica contra el de cualquier simulador.

Controladores de Sibilancia (*De-Essers*)

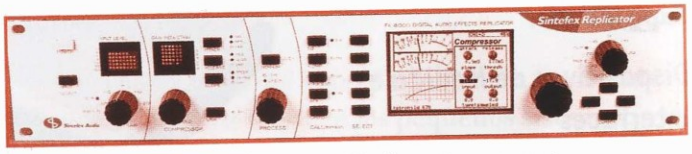
La sibilancia (los exagerados sonidos en S) es un artefacto natural de los compresores, así como de los micrófonos más brillantes y ciertas formas bucales y dentales. Un compresor estándar exagera la sibilancia, porque el compresor no se corresponde con la respuesta de frecuencia del oído, ya que los sonidos sibilantes o silbantes se encuentran en el rango de frecuencias más sensibles del oído, pero los típicos sonidos en S caen por debajo del umbral del compresor. La solución es emplear un compresor de banda estrecha, muy rápido, que trabaje únicamente en la región de sibilancia (algún lugar entre los 2,5 kHz hasta tanto como los 9 kHz, en algunos casos). Un compresor estándar puede ser adaptado a un controlador de sibilancia ecualizando la cadena secundaria, o utilizando una banda de un compresor multibanda. Casi todos los fabricantes de los procesadores o *plug-ins* multifunción cuentan con una opción de controlador de sibilancia, pero no es un proceso que se haga fácilmente. Escuche en busca de artefactos como la distorsión o pisadas repetidas de pedal, o de una reducción poco efectiva de las eses. He encontrado el control de sibilancia de mejor sonido en unidades especializadas como el **Weiss DS1-MK2** digital, cuyo ataque, liberación y características de filtrado son ideales para el procesamiento del material premezclado con pocos o ningún artefacto. Algunos ingenieros de masterización también recomiendan el analógico **Maselec 2012** HF y limitador de pico como un excelente *de-esser*.



TC Electronic Icon remote. Son visibles en su pantalla las capacidades de ecualización de una de sus cuatro motores de 8 canales de 96 kHz/48 bits.

El Procesador de Circunvolución Sintefex

La circunvolución es un proceso matemático que combina dos funciones como si una estuviera ejecutándose a través de la otra función. Una compañía llamada **Sintefex** utiliza la circunvolución en su modelo **FX8000 Replicator** (fotografiado abajo), del cual algunos ingenieros de masterización informan que puede muestrear y duplicar muy efectivamente las calidades sonoras de los bien conocidos compresores, limitadores, ecualizadores y unidades de reverberación. ¿Demasiado bueno para ser verdad? Mientras escribía esto todavía no he probado una unidad.



El Sintefex FX8000. ¿De verdad replica? Mucha gente cree que si.

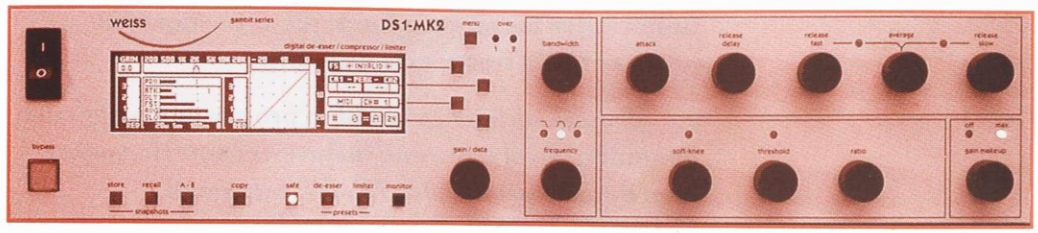
El TC Electronic System 600, el producto multicanal, buque insignia de TC, es extremadamente fácil de utilizar (lo entendí sin leer el manual de usuario), tiene un sonido impecable y actualizable de manera modular. El ICON remote (fotografiado a la izquierda) puede controlar numerosas unidades centrales a la vez. Cuatro motores digitales de 8 canales de 96 kHz/48 bits pueden realizar reverberación artificial (entre las mejores que yo he escuchado), compresión, expansión, limitación, quitar las eses, mezclas, reducción de ruido, retardo, efectos

especiales, control del monitor y otro procesamiento. Llevaría un capítulo entero hacer justicia a todas las posibilidades de esta unidad, para la que terceros suministradores como GML han escrito módulos. Además del procesamiento digital, la estructura contiene un convertidor A/D/A de alta calidad, cuyo enfoque en la reducción de la distorsión he descrito en el Capítulo 19.

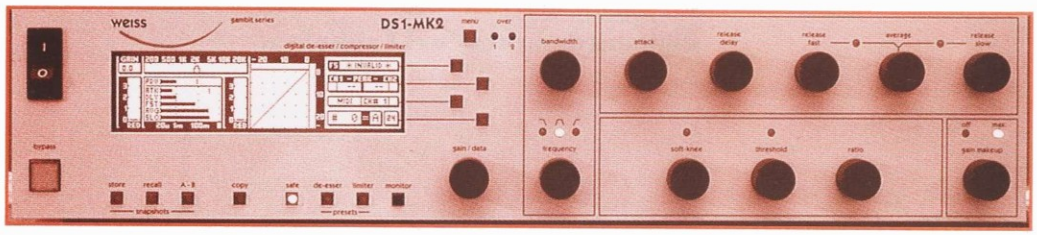
Weiss Engineering mantiene un sitio especial en el corazón de los ingenieros de masterización digitales de antaño (si esto no es una contradicción de términos), ya que ellos inventaron el primer sistema usable de procesamiento digital de alta resolución, todavía disponible como las series modulares 102. La línea Gambit de procesadores montados en parrilla está diseñada para una soberbia ergonomía y calidad del sonido. Con una filosofía de un-mando-por-función las series de Gambit dan la sensación de ser como un procesador analógico, con la versatilidad añadida del almacenamiento de memoria y el control remoto MIDI. Analizo el rendimiento del procesador de dinámicas **DS1-MK2** y el de fase lineal **EQ1-LP** (fotografiado arriba a la derecha) en el Capítulo 16, el último se ha convertido en un ecualizador favorito. Otro dispositivo útil es el modelo **SFC-2** de convertidor dual de tasa de muestreo síncrono, que a menudo utilizo para muestrear hacia arriba y hacia abajo (véase Capítulo 1).

El **Z-Systems ZQ-2** es un ecualizador estéreo digital de 6 bandas que suena muy limpio y relativamente *no digital* (fotografiado a la derecha). Analizo su rendimiento casi perfecto de libro de texto en el Capítulo 16.

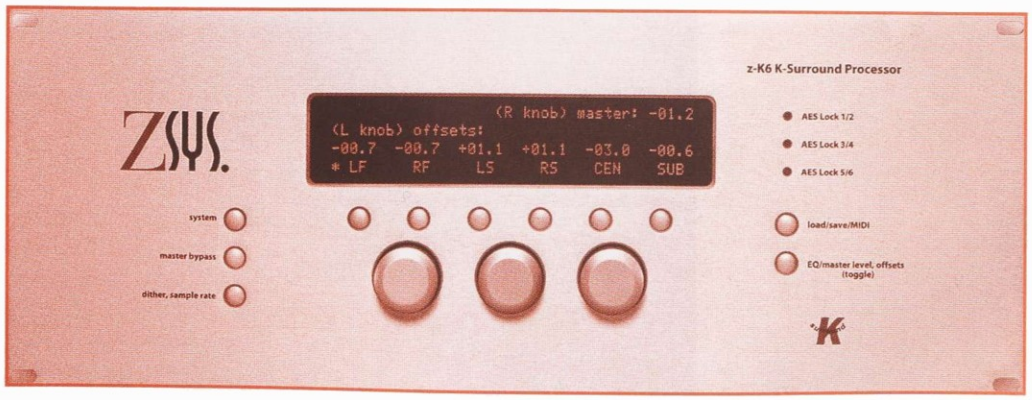
El **Z-Systems Z-link 96+** es un convertidor de frecuencia de muestreo asíncrono (ASRC) que emplea el chip Analog Devices 1896. Podemos utilizarlo para monitorizar CDs si el reloj DAC/Master del sistema no se encuentra a 44,1 kHz, para no molestar la delicada



Arriba: El Compresor/Limitador/Expansor/De-Esser, Weiss DS1-MK2
Debajo: El ecualizador EQ1-LP/ de 7 bandas de fase lineal



Arriba: El ecualizador digital estéreo Z-Systems ZQ-2 de 6 bandas
Debajo: El procesador K-Surround de 6 canales de Z-Systems ZK-6



unión entre los procesadores que se encuentran unidos en una frecuencia diferente.

Z-Systems fabrica también procesadores digitales de sonido envolvente que incluyen el anteriormente mencionado procesador ZK-6 Z-Surround (fotografiado en la página anterior), que convierte material de 2 canales a 6 canales, un compresor 5.1 y un ecualizador, así como los ubicuos enrutadores digitales descritos en el Capítulo 2.

---

1 Las fórmulas formalmente correctas son:

Codificación:
M = 0.5 * (L + R) que es 6 dB menos que la suma en mono. El codificador suma y atenúa unos 6 dB.
S = 0.5 * (L – R) que es 6 dB menos que la diferencia en mono. El codificador resta y atenúa unos 6 dB.

Decodificación:
L = M + S
R = M – S. Sea consciente de que un codificador y decodificador MS son idénticos excepto por la amplitud, y si usted utiliza un codificador típico para decodificar tendrá que aumentar el nivel alrededor de 6 dB.

2 Recuerde que un compresor descendente baja el sonido cuando este sube por encima del umbral, así que el real incremento de volumen del compresor se lleva a cabo aumentando el control de compensación de ganancia. En el caso del MS, todo lo que se necesita es una compresión muy ligera, digamos 0,5 dB, para controlar ese vocalista "perdido" por encima de la banda.

3 Si no se encuentra disponible una unidad que permita la compresión descendente de M y la expansión ascendente de S, puedo comprimir el canal M en un unidad y después expandir de manera ascendente ambos canales en otro, cuando se ajusta de manera apropiada, el resultado neto es el mismo que si hubiera comprimido el canal M y expandido el S.

4 El mejor modo de sacar partido de las cajas multifunción es cargar un preajuste existente, entonces evitar casi todos los ajustes innecesarios y a menudo exagerados que los fabricantes que habitualmente lanzan, y guardo el preajuste como una pizarra en blanco. Aparentemente no pueden vender una caja a su mercado destino sin preajustes, pero el concepto de preajuste es ajeno al modo en el cual los ingenieros de masterización trabajan, especialmente un preajuste ridículamente denominados *Reggae, Rock and Roll o Smooth Jazz.* ¿Cómo pueden proporcionarle un ajuste sin haber escuchado la grabación con la que está trabajando?

"Lo ajustaremos en la masterización."

—Anónimo

PARTE III: TEORÍA Y PRÁCTICA AVANZADA

"Hacer un buen sonido es como preparar una buena comida. Si lo cocina demasiado, pierde su gusto."

—Bob Katz

Chapter 14

Como realizar mejores grabaciones en el siglo XXI

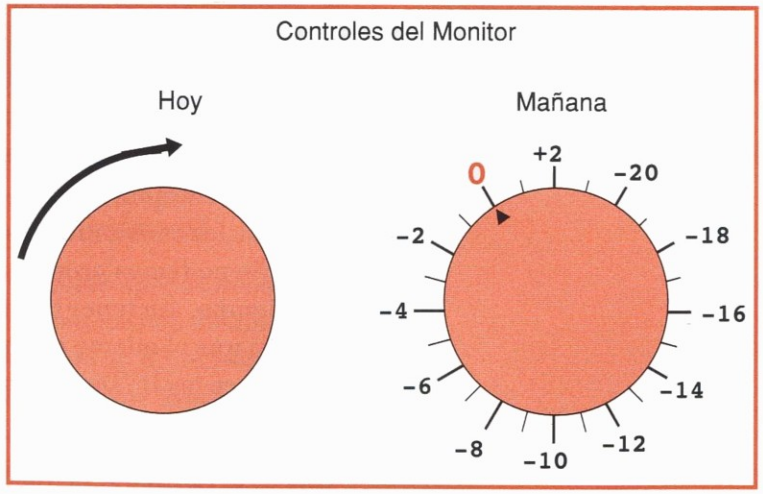
Parte I: La Calibración del Nivel del Monitor

I. Introducción

Unos monitores calibrados son las herramientas críticas del ingeniero de audio del siglo XXI. Algunos ingenieros piensan (erróneamente) que se necesitan monitores calibrados solo para la realización de mezclas en formato 5.1 para salas. Pero todos haremos mejores grabaciones, si utilizamos monitores estéreo o de sonido envolvente calibrados. Un sistema de monitores de buen sonido no sale de la caja, lleva trabajo y cuidado. Pero después de que el trabajo se ha hecho, ¡no hay nada como el placer de escuchar música con un gran sonido!

¿Qué es un Sistema de Monitores Calibrado?

Un sistema de monitores calibrado es uno que se encuentra ajustado a un estándar conocido de ganancia y de repuesta de frecuencia. El control de ganancia del monitor es repetible y marcado en decibelios. *Repetible* quiere decir que se puede volver a colocar al monitor en una ganancia concreta en cualquier momento, y *calibrado* quiere decir que las marcas estándares en decibelios en la escala del monitor significan lo mismo a cualquier ingeniero, sea en Calcuta, Nueva York, o Hong Kong... Esto nos ayudará a colaborar, a ser más consistentes en nuestro trabajo, y a producir mezclas que actúen juntas cuando más tarde sean reunidas en la casa de masterización. Como veremos, el valor absoluto de los números también define la calidad del sonido de las mezclas que resulten.



El control del monitor del mañana estará marcado en pasos de 1 dB, y la posición de 0 dB estará calibrada al estándar RP 200 del SMPTE (se explicará).

II. Deshaciéndonos del Lenguaje Escurridizo

El audio del siglo XXI se integrará con la televisión, el cine en casa, el audio del ordenador, los juegos de ordenador y la reproducción musical, a menudo provenientes todos de una fuente central. Durante el último siglo la mayoría de nosotros hemos trabajado en salas de escucha sin calibrar, ajustando los niveles de nuestras grabaciones a nuestro gusto, y simplemente girando el mando del monitor hasta que sonaba "suficientemente alto".

Pruebe esto: Ponga su película favorita con efectos sofisticados en el reproductor de DVD, y ajuste el volumen para una presentación amplia, agradable. A continuación ponga uno de los hipercomprimidos CDs de música Pop del último año en el mismo eproductor. Tenga cuidado cuando oprima PLAY, porque el volumen será imperioso y con peligro de dañar a los componentes y a sus oídos. No es de extrañar que los consumidores estén empezando a quejarse. No podemos producir grabaciones aisladas por más tiempo, sin tener en cuenta la calibración del monitor, ya que el mismo equipamiento de consumo que reproduce los DVDs ¡reproducirá también discos compactos, videos, MP3, DVD-A y SACD!

> "El **Nivel** es a menudo confundido con la **Ganancia**"

Esta es la razón por la que, en el siglo XXI, necesitamos aprender como ajustar primero nuestra ganancia del monitor a un estándar conocido, y después ajustar la grabación a esta ganancia. Un obstáculo es el resbaladizo lenguaje diario que utilizamos para describir el audio.

Así que para evitar la confusión, el primer paso es coger palabras que significan lo mismo para todo el mundo. Aquí va un breve glosario del lenguaje de los niveles:*

VOLUMEN... **asociado habitualmente con un control del nivel del audio, es un impreciso término de consumo sin definición fija.** Las palabras más apropiadamente utilizadas en el arte son **Intensidad y Sonoridad.**

INTENSIDAD... (También conocido como SPL, Nivel, Presión) una medida de la amplitud o energía del sonido físico presente en la atmósfera..

SONORIDAD... es utilizada específicamente y precisamente para el nivel perceptual que se crea dentro del cerebro del oyente. Los psicoacústicos pueden crear experimentos subjetivos que miden la sonoridad, y han encontrado que sonoridad contra intensidad es bastante similar a lo largo de la población de oyentes. Sin embargo, la *sonoridad* es mucho más difícil de medir en un sistema de medición, de hecho, es mejor representada como una serie de números más que como una "sonoridad" global. Debido a la gran diferencia entre los típicos sistemas de medición y nuestra percepción, dos piezas musicales que miden lo mismo en un SPL o en un vúmetro pueden tener una diferencia drástica en *sonoridad*, dependiendo de muchos factores, incluyendo los transitorios y la respuesta de frecuencia, y la duración del sonido. El tiempo de exposición afecta a nuestra percepción, después de un descanso de cinco minutos, la música suena mucho más alta, pero después nos acostumbramos otra vez a ello - una buena razón para mantener un medidor del nivel de presión del sonido para evitar que dañemos nuestros oídos.

NIVEL... es una medida de intensidad, pero cuando se utiliza en solitario, no significa absolutamente nada,

* Gracias a Jim Johnston (en correspondencia) por ayudar a clarificar algunas de estas definiciones.

porque ¡puede significar casi cualquier cosa! Para evitar la confusión acompañe siempre al *nivel* de otro término de definición, p.ej. *nivel de voltaje, nivel de presión del sonido. Nivel* es muy a menudo confundido con *Ganancia.* Los ingenieros pueden tener una completa conversación sobre "niveles" y no saber sobre lo que están hablando, a menos que distingan claramente *ganancia* de *nivel.*

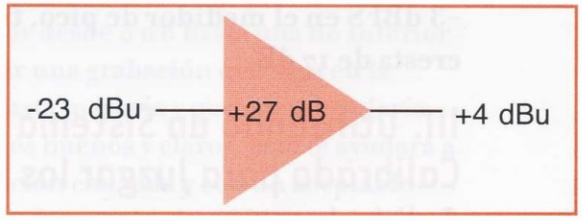
Nivel de presión del sonido (SPL)... es una de las unidades de intensidad. Las medidas SPL pueden ser repetibles si se toman de la misma manera.* 74 dB SPL es la típica intensidad del sonido de la palabra hablada, a una distancia de 12 pulgadas, que se incrementa a 94 dB SPL a una pulgada de distancia. Aunque vemos a menudo lenguaje como *volumen* de 95 *dB SPL,* esta utilización es tanto inexacta como poco definida, ya que *volumen* se refiere a la percepción del usuario y SPL a la intensidad física.

Los Decibelios siempre se expresan como una tasa

Un **decibelio** (dB) es siempre una cantidad relativa se expresa siempre como una tasa comparada con una *referencia.* Por ejemplo, ¿qué ocurre si toda longitud tiene que ser comparada con un centímetro? Diría, "esta pieza de cuerda es diez veces más larga que un centímetro". Es lo mismo con los decibelios, aunque en ocasiones la referencia está implícita. +10 dB significa "10 dB más que mi referencia, que yo defino como 0 dB". Los decibelios son tasas logarítmicas, así que si queremos decir "2 veces tan grande", decimos "6 dB más" [20 * log (2) = 6].

dBu, dBm, dB SPL, dBFS... son expresiones de decibelios con referencias definidas. Creo que el término dBu fue introducido en los años 60 por la Neve Corporation, y quiere decir *decibelios comparados con un voltaje de referencia de 0,775 voltios.* dBm quiere decir *decibelios comparados con una referencia de potencia de un milivatio.* dBFS quiere decir *decibelios comparados con la escala completa PCM, esto es, 0 dBFS representa el mayor nivel digital que podemos codificar.*

Ganancia o Amplificación... es siempre un término relativo expresado en decibelios sencillos, la tasa del nivel de salida del amplificador por la entrada. Es equivocado utilizar un nivel absoluto (p.ej. dBu o dBm o dBv) con el término *ganancia.* Es suficiente decir que un amplificador tiene por ejemplo, una ganancia de +27dB, y un nivel nominal de salida de +4 dBu cuando se conecta a un nivel de fuente dado, como en este gráfico.



El significado de la Ganancia frente al Nivel. Un amplificador con una ganancia de 27 dB está conectado a una señal de entrada, cuyo nivel es -23 dBu, para producir un nivel de salida de +4 dBu. Los decibelios de ganancia no deberían necesitar un sufijo.

Ganancia del Monitor contra Nivel del Monitor. De manera similar, el nivel de presión del sonido de los altavoces de su monitor es a menudo confundido con la ganancia del monitor. De hecho, el término *ganancia del monitor* es tan resbaladizo que he comenzado a utilizar un término mucho más sólido que todo el mundo parece entender: **POSICIÓN DEL MONITOR.** Por ejemplo, decimos "el control del monitor se encuentra en la posición 0 dB".

Promedio contra Pico. Como aprendimos en el Capítulo 5, el nivel de pico instantáneo de una buena grabación puede ser tanto como 20 dB mayor que su nivel de promedio (largo plazo). Por lo general medimos el nivel medio de presión del sonido con un medidor del nivel del sonido, en ocasiones miramos al nivel de pico. Para calibración del monitor, el medidor SPL debería utilizar el método RMS de cálculo del promedio, en vez de un promedio simple (media); calcular la media simple puede producir tanto como 2 dB de error. A menos que se especifique otra cosa,

* Las medidas SPL deben incluir la curva de ponderación utilizada, p.ej. A, o C, la velocidad del medidor (lenta o rápida), y el método de cálculo del promedio espacial (cuantos micrófonos fueron utilizados y como fueron situados).

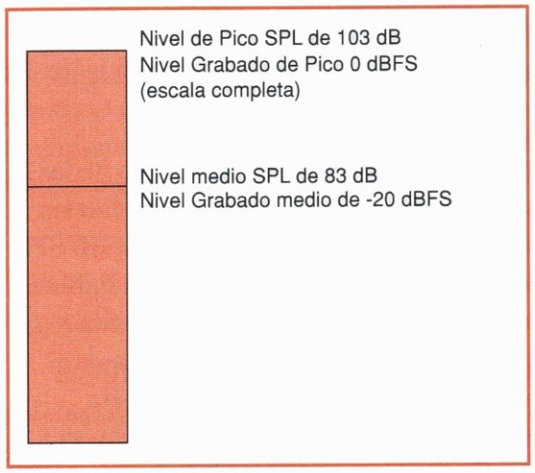
cuando decimos *promedio* en este libro, nos estamos refiriendo al nivel medido con RMS en vez de al nivel de pico.

Factor de Cresta. Es la diferencia entre el nivel medio de un pasaje musical y su nivel de pico instantáneo. Por ejemplo, si un pasaje fortíssimo mide -20 dBFS en el medidor del promedio y el pico más alto momentáneo es -3 dBFS en el medidor de pico, tiene un factor de cresta de 17 dB.

III. Utilizando un Sistema de Monitores Calibrado para Juzgar los Niveles y la Calidad

Un ingeniero experimentado puede realizar unas buenas mezclas simplemente escuchando y sin mirar al medidor. La clave es comprender como utilizar el control calibrado del monitor. En términos sencillos, el control del nivel del monitor se encuentra calibrado para que la posición 0 dB produzca 83 dB SPL con una señal de calibración de ruido rosa (se explicará). El nivel grabado de esta *señal de calibración* es ajustado -20 dBFS RMS (20 dB por debajo de la escala completa digital). Lo que esto significa es que un SPL medio confortablemente alto ha sido establecido a 20 dB por debajo del nivel de pico del sistema. Como el oído juzga por lo general el volumen por el nivel medio, y el factor de cresta más extremo, que cualquiera haya medido, para la música normal es de 20 dB, entonces nuestro nivel de pico ¡nunca sobrecargará![*] El típico material mezclado tiene factores de cresta de 10 a 18 dB, así que esta mezcla puede alcanzar picos de -10 a -2 dBFS, niveles más que adecuados para la grabación en 24 bits, como se muestra en el Capítulo 5.

Lo que esto significa es que una posición de monitor alta nos permitirá producir música con un alto factor de cresta. A la inversa, a medida que baja la posición del control del monitor, tiende a aumentar en nivel medio grabado para producir la misma sonoridad al oído. En el siglo XX hemos enfocado esto en el sentido opuesto, a medida que aumentamos el nivel medio grabado, ¡nos hemos visto forzados a bajar los monitores para evitar la sobrecarga de nuestros oídos!



Cuando la ganancia del monitor es calibrada para que el SPL medio sea 83 dB a -20 dBFS, y después mezcla por el volumen del monitor, después la música nunca se sobrecargará y nunca tendrá que mirar el medidor de nivel de la grabación.

Monitorizando a través de los Números

Juzgando el Volumen. Si nos familiarizamos con el modo en que diferentes grabaciones conocidas se reproducen en nuestro sistema calibrado, y la posición del monitor utilizada para reproducir estas grabaciones, podemos entonces juzgar el volumen absoluto de cualquier *master* mientras lo hacemos, simplemente fijándonos en la posición del monitor, sin tener que compararlo con otras grabaciones conocidas.

Juzgando la Calidad del Sonido. A medida que el nivel medio aumenta y se aproxima al nivel de pico, se requerirá más compresión y limitación de pico para evitar que el medio se sobrecargue. Como describimos en el Capítulo 10, cierta cantidad de *compresión* puede mejorar una grabación, pero la extrema compresión es

[*] Asumiendo que los oídos del ingeniero de mezclas tengan una sensibilidad normal a los sonidos altos. Aunque ningún ingeniero de mezclas trabaja sin echar un vistazo al medidor de pico, entiende lo que quiero decir.

autodestructiva, disminuye el factor de cresta y diluye la claridad, el impacto, la espaciosidad y la viveza de la presentación. Es irónico que los ingenieros de masterización sean llamados para llevar a cabo cierto perjuicio a las grabaciones en el nombre de la sonoridad. Por supuesto, el punto en el que se da el daño es subjetivo y depende mucho de la música y el mensaje, pero todos estamos de acuerdo en que existe una cosa llamada demasiado.

Trabajar sobre una ganancia de monitor fija y predeterminada. En la masterización del siglo XXI, deberíamos trabajar sobre una ganancia de monitor fija y predeterminada, si la música se vuelve demasiado alta, ¡baje la cantidad de procesamiento o la salida de los procesadores más que bajar el monitor! Deberíamos utilizar la *posición* medida del control del monitor como una guía de la calidad del sonido que vamos probablemente a producir. En otras palabras, si encontramos al control del monitor dejándose llevar demasiado lejos, nuestra grabación está también probablemente deteriorándose. La posición 0 dB es normalmente necesaria para reproducir grabaciones clásicas audiófilas y de jazz acústico que no hayan utilizado compresión o limitación. He encontrado que la posición de -6 dB (correspondiente a un factor de cresta de alrededor de 14 dB) es la ganancia del monitor más baja que todavía produce un producto musical de alta calidad con típica música pop, y la mayoría de la música pop grabada en el ultimo siglo desde alrededor de 1993 suena "simplemente bien" en la posición de -6 dB. De manera paulatina pero seguramente, a medida que estamos obligados a poner al monitor por debajo de -6 dB para mantener un volumen confortable, la calidad del sonido se reduce. Trabajando duro, puedo realizar masters orientados a una posición de monitor de -7 ó -8 dB que todavía suenan bastante bien.* Pero algunos CDs Pop actuales hipercomprimidos exceden este volumen ¡en más de 6 decibelios!

Ganancia del monitor para las mezclas contra la de masterización. La realización de las mezclas y la masterización deberían ser procesos que colaboren. Recomiendo que sea conservador con los niveles medios durante las mezclas, para no deteriorar la grabación, ya que no podemos restaurar la calidad que se haya perdido. Al mezclar música pop, establezca la posición del monitor desde 0 dB hasta una no inferior a -6 dB para realizar una grabación que vaya en la misma línea de la vasta mayoría y que cuente todavía con unos transitorios buenos y claros, esto le ayudará a producir una grabación con vida y con un aceptable rango dinámico para la escucha doméstica y en el coche. Todavía tendrá que ser creativo con la compresión y otros efectos - una ganancia de monitor fija es liberadora, no limitadora. Cuando una grabación bien hecha de este tipo llega para la masterización, tenemos mucha más libertad, podemos aumentar el volumen aparente si lo podemos hacer mientras preservamos o realzamos las virtudes de la grabación, pero la claridad y la belleza de la grabación no habrá sido arruinada antes de llegar a la casa de masterización.

Una ganancia de monitor fija es liberadora, no limitadora.

Diferente Tamaño de Salas. Fíjese que el volumen de la sala y el número de altavoces afectan al volumen aparente de un sistema. Cuantos más altavoces haya, más alto será el sistema para una misma posición del control del monitor. Determiné estas posiciones recomendadas de control del monitor en una gran sala de masterización estéreo con altavoces a 9 pies del

* Algunos monitores están marcados en "SPL", lo que los diseñadores piensan que es muy sofisticado. Sin embargo, es muy engañoso. **Este es un caso clásico de confusión entre ganancia y nivel.** El marcador 83 no tiene significado después de la calibración.

oyente. En una sala de proyección extragrande, puede necesitarse una ganancia adicional de hasta 2 dB, mientras que en un remoto pequeño camión con los altavoces situados a un par de pies del oyente, puede ser necesaria una ganancia menor de hasta de 2 dB menos. Ajuste sus niveles en consecuencia.

IV. La Configuración y la Calibración del Sistema

Resumen de Herramientas Esenciales

Ahora que conocemos los beneficios de tener un monitor calibrado, veamos que herramientas necesitamos para construir un sistema de monitores calibrados, de buen sonido.

- Una sala grande con un tipo de dimensiones, muros y distribución de mínimo reflejo/obstrucción entre los altavoces y el oyente, con ruido reducido y un buen aislamiento del mundo exterior.
- Para sonido envolvente, cinco altavoces "satélite" coincidentes y amplificadores con una respuesta de frecuencia uniforme (preferiblemente por debajo de 60 Hz), techo dinámico alto cada uno capaz de producir al menos 103 dB SPL antes del recorte. Repitiendo el dicho del Capítulo 6, los monitores de alto techo dinámico son necesarios para realizar adecuados juicios de sonido: si nuestros monitores están comprimiendo no podemos juzgar cuanta compresión utilizar en la grabación.
- Un (preferiblemente dos) *subwoofers*, capaces de extender la respuesta de frecuencia baja de todos los satélites hacia abajo hasta unos 25 Hz, y producir al menos 113 dB SPL en las bajas frecuencias antes del recorte.
- Una monitor matriz de baja distorsión con un manejo de bajos flexible y versátil, capaz de realizar ganancias de monitor repetibles, calibradas, y de mezclar y comparar fuentes desde 7.2 hasta mono. Con esto podemos producir con confianza grabaciones que puedan ser intercambiadas con el resto del mundo, y sonar maravillosas en sistemas grandes y pequeños.
- Un selector de monitores para conectar a la matriz, tanto con entradas digitales y analógicas.
- Equipo de medida/calibración:
  Preferible: Un analizador calibrado de 1/3 de octava de tiempo real (RTA) y micrófonos, con memorias múltiples velocidad de respuesta seleccionable y la capacidad de integrar varias ubicaciones de micrófono (cálculo del promedio espacial).
  Alternativo (menos exacto): Un medidor del nivel del sonido de alta calidad con un micrófono calibrado, filtros y velocidad de respuesta seleccionable.
  Señales de prueba: Si utiliza un medidor del nivel del sonido, entonces necesita fuentes calibradas RMS de **ruido rosa filtrado.** Si utiliza un RTA de 1/3 de octava, entonces puede utilizar ruido rosa corriente de banda ancha calibrado RMS.
- **Y no olvidemos el ingrediente más crítico: El Conocimiento. Los servicios de un cualificado experto en acústica pueden ser necesarios en la primera configuración,** para realizar un análisis anecoico y de los reflejos primeros de la habitación y de los altavoces, interpretar las causas de los errores en las mediciones de la respuesta de frecuencia, su importancia audible, y sugerir curas basadas en la acústica.

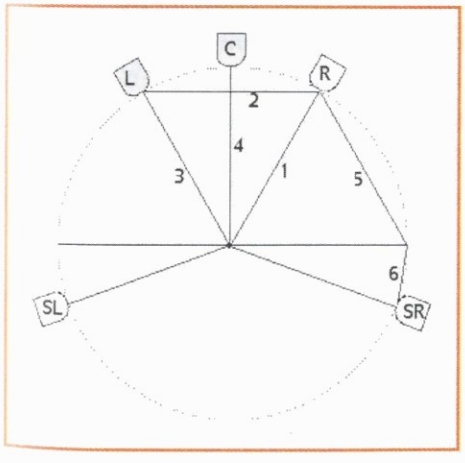
La Colocación de los Altavoces Principales

El sistema de reproducción ideal no debería tener obstáculos en la trayectoria entre todos los altavoces y sus oídos. Ciertamente esto convierte a la mayoría de las consolas de grabación y parrillas periféricas en problemas serios es la razón por la cual mi equipamiento en parrilla se encuentra en la esquina trasera, y mi sillón de escucha esta situado en frente del

ordenador y del DAW. Esto me obliga a ir por detrás de la posición ideal de escucha cuando estoy realizando una edición intensa, pero todas la escucha crítica y el control remoto de los transportes y procesadores puede llevarse a cabo desde el sofá donde existe poca o ninguna interferencia acústica entre los altavoces y el oído.

El Procedimiento de la Cuerda (para tender la ropa)

Tom Holman* describe como dos piezas de cuerda pueden ser utilizadas para configurar las distancias y ángulos adecuados de sus monitores, para que estén conformes a la recomendación de la ITU 775†, ilustrada debajo. Aquí va una receta embellecida paso a paso. Todos los altavoces están equidistantes del centro de un circulo imaginario, con el frente central siendo 0°, los altavoces frontales izquierdo y derecho a +/- 30°, y los altavoces de sonido envolvente a +/- 110° (ITU acepta envolventes entre 100° y 120°). Comience con un largo trozo de cuerda o cordel para tender la ropa (que no se estira tan fácilmente) un poco más largo que 3 veces la longitud de la distancia propuesta a un altavoz. Ate un extremo a un atril de micrófono situado en el centro del circulo (el oyente principal). Estire la cuerda a la posición aproximada propuesta del altavoz frontal derecho, y coloque un poco de cinta negra en la cuerda para marcar el radio del circulo (véase **1**). Después doble la larga cuerda donde la cinta y añada dos piezas más de cinta para marcar tres secciones de idéntica longitud. Este radio es nuestra "longitud estándar", y equivale a 60° del ángulo cuando va entre dos puntos del círculo.



La recomendación de la ITU 775 para la colocación de los altavoces de 5 canales.

Estire la cuerda marcada para crear un triángulo equilátero (véase **1, 2, 3**), y ahora marque el suelo en los puntos para los altavoces frontales izquierdo y derecho. Corte la cuerda en la primera cinta para marcar un radio que pueda se girado desde el atril central del micrófono. Para encontrar la ubicación del altavoz central, doble una longitud estándar de la cuerda que queda por la mitad y marque su punto medio. Utilice esa cuerda para encontrar la línea media entre el altavoz frontal izquierdo, y el derecho y marque temporalmente allí el suelo. Después, pase la cuerda del radio sobre esta línea central y marque la posición para el altavoz central al final de la cuerda radio (véase **4**).

¿Cómo encontrar los 110° sin un transportador? Utilice una cuerda de longitud estándar desde el altavoz frontal derecho (véase **5**) y marque temporalmente el punto donde se encuentra con la cuerda radio. Esto se encuentra a 30°+60°=90°. Ahora divida una cuerda de longitud estándar en tercios (véase **6**), llévela desde el punto de 30° y marque el lugar donde esta distancia de 1/3 se encuentra con la cuerda radio. Esto es 90°+20°=110°, para el altavoz envolvente derecho. Cree una imagen espejo de este procedimiento para encontrar el envolvente izquierdo, ¡y ya lo tiene!

Coloque físicamente los *subwoofers* justo en frente y ligeramente fuera de las líneas centrales de los satélites. Más tarde usted puede "ajustar" la posición de los *subwoofers* para la respuesta más uniforme en la posición de escucha y una mejor integración con los satélites.

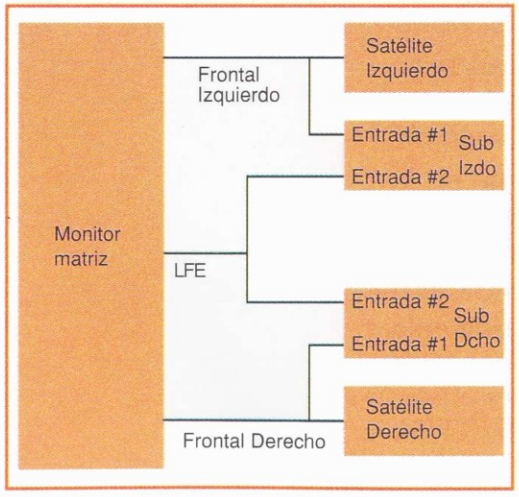
* Holman, Tomlinson [2000] 5.1 *Surround Sound: Up and Running.* Focal Press.

† *International Telecommunication Union, especificación* ITU-R BS 775-1

La Conexión y Calibración de los Niveles del Sistema

El sistema de monitores tiene seis salidas, que deberían estar conectadas a las salidas de los altavoces/amplificadores correspondientes. Voy a describir un sistema que utiliza auténticos *subwoofers* estéreo. Un modo de conectar un sistema así saca partido de un *subwoofer* con dos entradas (que la mayoría de ellos tienen), tal y como se ilustra debajo. Utilizará parte de la gestión de los bajos incorporada en el *subwoofer* y parte de la incluida en el monitor matriz.

Escogerá el ajuste de paso bajo en el *subwoofer* que produce un ensamblado sin costuras con los satélites, idealmente tan bajo como 40 Hz, pero algunos sistemas necesitan tan alto como 80 Hz. Esto depende de la respuesta de baja frecuencia de los satélites. [1] Comience con la frecuencia recomendada por el fabricante y más tarde puede ajustar de acuerdo a las medidas de la respuesta de su sala, como explicaré. Ajuste la polaridad del *woofer* a normal y el ajuste de fase inicial a cero grados (si el *woofer* cuenta con un control de fase continuo). El control de fase del *subwoofer* forma fila con la distancia aparente del *subwoofer* con la de los satélites. Deje la fase del *woofer* a cero grados si la matriz del monitor tiene una compensación de retardo - si el subwoofer se encuentra más cerca que los satélites, añada un retardo de tiempo al *subwoofer* basándose en la equivalencia 1 ms = 1 pie. Más tarde esto puede ser ajustado de manera más fina, utilizando preferiblemente espectrometría de retardo de tiempo, o el analizador en tiempo real. Si la geometría de su salón no permite que los envolventes estén a la misma distancia del oído que los altavoces frontales, entonces puede retrasar el encaje de los conjuntos apropiados de altavoces.



La conexión de un monitor matriz con subwoofers estéreos. Utilizando las entradas duales de cada sub, podemos todavía tener una señal mono LFE (el canal 0.1) y un bajo estéreo de los altavoces frontales principales.

Ahora comprobemos la integridad de cada conexión. **¡Baje completamente el control de ganancia del monitor!** Conecte una fuente de ruido rosa calibrado, no **correlacionado***, de **5 canales,** a un nivel de -20 dBFS RMS, a todas las entradas digitales del sistema, avance la ganancia del monitor y el ajuste del atenuador en cada altavoz tan solo una pequeña cantidad para verificar que se encuentra operativo. Después, ponga cada salida en solitario por turnos y verifique que se está conectando al altavoz correcto.

Nivel de Calibración SMPTE RP 200

Ahora estaremos produciendo algunas señales de pruebas altas, así que sugerimos ponerse tapones para los oídos. Coloque un micrófono de medida calibrado apuntando directamente hacia arriba, a una altura del oído en la posición de escucha central. Conecte esto a su RTA de 1/3 de octava. Ajuste el RTA a un tiempo de cálculo del promedio de entre 3 y 10 segundos, y espere al menos ese tiempo antes de tomar ninguna lectura. **¡Baje completamente los controles del atenuador del altavoz!** Ajuste el nivel maestro del monitor a la posición 0 dB (de referencia). Ahora ponga ÚNICAMENTE el altavoz Izquierdo. Lentamente suba la ganancia del atenuador izquierdo hasta que la energía de la media banda (particularmente en la banda de 1 kHz) dé una lectura de 68 dB SPL (68,2 dB para los perfeccionistas). [2] Si todas las bandas individuales fueran uniformes a 68 dB SPL, sumarían matemáticamente hasta 83 dB SPL, que es el estándar SMPTE RP 200. Inspeccione el RTA para una forma suavizada general con picos y declives idealmente menores que más o menos 3 dB. Si cualquier banda tiene un pico o declive importante, ¡es momento de consultar un experto en acústica! Generalmente prefiero solucionar las anomalías de frecuencia primero con soluciones acústicas mejor que con

*No correlacionado quiere decir que existe aleatoriedad, o una relación no continua entre los canales. Correlacionado significa que existe cierta relación. Si la misma fuente mono se conecta a todos los canales entonces se encuentran 100% correlacionados.

ecualización. No se preocupe en este momento de la uniformidad absoluta del extremo alto, que será reducida.

Repita este procedimiento por cada uno de los cinco altavoces principales, enviando ruido rosa a un canal cada vez. Si 68 dB no es un valor fácil de "leer" con su RTA, entonces puede, por ejemplo, aumentar el ruido rosa hasta -18 dBFS RMS, que debería resultar en 70 dB SPL por 1/3 de octava de banda y (si todas las bandas fueran iguales) sumaría hasta 85 dB SPL de ancho de banda. Recuerde, es mucho más exacto utilizar el nivel de la banda media medido con un analizador de 1/3 de octava que una medida de banda ancha SPL, debido a las variaciones en la respuesta fuera del eje del micrófono, las resonancias de baja frecuencia de la sala, las tolerancias de filtro, y etc. La alternativa es utilizar un medidor del nivel del sonido con una señal de banda limitada de 500 Hz a 2 kHz, calibrada a -20 dBFS RMS, para dar una lectura de 83 dB SPL. Si solo se encuentra disponible ruido rosa de rango completo y no se dispone de un RTA, un método alternativo (aunque menos exacto, con un posible error de tanto como 2-3 dB) es utilizar un medidor SPL de banda ancha ajustados a una ponderación C, de respuesta lenta.

Fíjese que los estándares para salas de cine ajustan cada uno de los envolventes a 3 dB por debajo de los frontales, pero para la producción de música doméstica, los cinco altavoces deberían tener la misma ganancia.

El Nivel Total del Sonido

Los *subwoofers* no han sido todavía calibrados y han sido completamente bajados. Cinco fuentes no correlacionadas deberían sumar aproximadamente 7 dB más alto que un canal individual. Libere el botón de solo y verifique que los cinco altavoces principales están funcionando, y que el SPL de la banda media sube hasta unos 7 dB (+/-1 dB). Si no, uno o más de sus cables puede estar conectado fuera de polaridad, las distancias del altavoz o la calibración del nivel pueden encontrarse desconectadas, o un componente es defectuoso.

La Revisión de la Imagen Fantasma Central

Ahora comprobemos la imagen fantasma central, producida por una señal mono en fase, cuando se escucha desde la posición central. Esto confirma que los altavoces frontales principales están en polaridad y que no hay anomalías acústicas. Cierre el ruido rosa y cambie el control de los monitores a unos -10. Cambie la fuente del ruido rosa a mono, esto es, la misma señal a todos los canales. Aísle los altavoces frontales izquierdo y derecho. Ahora quítese sus tapones para los oídos, encienda el ruido rosa **mono** y verifique que la imagen fantasma central aparece como una imagen virtual bastante estrecha en la ubicación física del altavoz central. Puede ajustar los ángulos (convergencia) de los altavoces hasta que la imagen fantasma sea estrecha en la banda media crítica. Si la imagen se encuentra desplazada del centro, vuelva a comprobar las ganancias izquierda/derecha y las distancias de los altavoces. Pruebe ajustando el atenuador de un canal ligeramente hacia arriba o hacia abajo para volver a centrar la imagen, después vuelva a la sección previa y vuelva a comprobar las ganancias medidas izquierda/derecha para verificar que se ajustan acústicamente con un margen de +/- 0,1 dB a la banda de 1 kHz. Los altavoces deben corresponderse bien para producir una imagen fantasma central excelente.

Ahora compare el sonido de la imagen fantasma central con la del altavoz central, alternando entre la reproducción en solitario del altavoz central y los altavoces laterales. El altavoz central debería sonar un poquito más brillante, pero la posición del ruido rosa no debería cambiar si está sentado en el centro y todos los altavoces están equidistantes del oyente.

La Gestión de los Bajos

Integrar un *subwoofer* o un par de *subwoofers* para extender la respuesta de un sistema estéreo es un arte y una ciencia. Extender esta idea al 5.1 es una ciencia seria, con su propio conjunto de compromisos. Vamos a empezar creando y verificando un sistema excepcional de dos canales de rango completo, después extendiéndolo a 5.1. Como estamos utilizando *subwoofers* estéreo, es lógico ajustar el nivel del bajo por cada altavoz, pero los dos *subwoofers* van juntos y las distancias entre ellos y desde los muros afectará a la respuesta total de los bajos. No es un asunto fácil, y debería enfocarlo de manera sistemática.

Medición Objetiva del Subwoofer: Vuelva a ponerse sus tapones para sus oídos y envíe una señal de ruido rosa no correlacionada a -20 dBFS RMS al sistema LF: al satélite y *subwoofer* izquierdo. Suba el atenuador de ganancia del *subwoofer* izquierdo hasta que el RTA muestre que el extremo inferior se encuentra en la misma categoría que el resto de las frecuencias. Puede ver anomalías de amplitud cerca del punto de ensamblado, indicando que algunos parámetros no se encuentran todavía optimizados. Después compruebe la polaridad del *subwoofer*. la posición que produce el mayor bajo es la correcta, si el resultado es ambiguo, ajuste temporalmente la frecuencia de corte del *subwoofer* tan alto como sea posible y vuelva a comprobar la polaridad. La siguiente parte es la parte que lleva más tiempo, en la que el arte y la ciencia se combinan de verdad, ya que el ensamblado ideal solo sucederá cuando la frecuencia de paso bajo, frecuencia de paso alto, amplitud del *subwoofer*. retardo de tiempo y fase estén correctos. Tómese su tiempo, "centrándose" en cada parámetro hasta que se obtenga la respuesta más uniforme en el punto de ensamblado. Si tiene que llegar a soluciones intermedias, recuerde, el oído encuentra los picos más desagradables que los declives. Ahora tome una media espacial de la respuesta, a lo largo de unas cuantas posiciones de escucha alrededor del punto melodioso, y continúe trabajando hasta que esté satisfecho de que el *subwoofer* izquierdo se encuentra integrado de acuerdo con el RTA.

Puede tener que mover el *subwoofer* para producir el extremo inferior más uniforme, cuanto más cerca se encuentre el *subwoofer* de muros o esquinas mayor será la amplitud de los bajos inferiores. Si mueve el *subwoofer*, entonces tendrá que reajustar su retardo de tiempo.

A continuación, si su habitación es simétrica, tiene sentido tratar de colocar el *subwoofer* derecho como una imagen espejo a la izquierda. Aunque ocasionalmente, esto no es una buena idea si ambos los *subwoofers* acaban en el pico o nulo de una onda estacionaria (los expertos en acústica serían aplicables aquí). Repita el proceso de arriba con el sistema del altavoz derecho. Ahora envíe una fuente mono de ruido rosa a todos los canales y reproduzca solamente el sistema izquierdo y derecho (incluyendo el *subwoofer*), bajando el monitor master hasta que la banda de 1 kHz de una lectura de 68 dB, y vea si la respuesta de frecuencia con ambos canales operando se encuentra todavía dentro de la tolerancia. No se sorprenda si ve una respuesta de bajos más fuerte que con la lectura del canal individual. Si aumenta, incluso tan poco como un dB, considere extender la separación de los *subwoofers* más, para reducir su acoplamiento, pero entonces de nuevo, si se aproximan a los muros, el bajo inferior subirá desde la proximidad del muro. Esta interacción se da a diferentes frecuencias bajas, así que esperemos que encuentre una posición que implique el menor compromiso.

La Valoración Subjetiva, La Estéreo Primero

Todavía no hemos establecido la gestión de los bajos para el altavoz central de los satélites, pero ahora

es un buen momento para comprobar el sonido del par estéreo de rango completo con gestión de bajos. Seria agradable descubrir una pieza definitiva de música que confirme que sus *subwoofers* se encuentran ahora completamente integrados con el resto de su sistema. Como se supone que un *subwoofer* no es una "máquina resonante" para la mayor parte de la música, realmente debería brillar por su ausencia más que por su presencia. Y este es el primer modo de escuchar. Escuche la música con los *subwoofers* conectados y desconectados. No deberían sentirse "grumosos", deberían simplemente añadir una sensación de peso al extremo de los bajos. Si la frecuencia del separador de frecuencias es de 60 Hz o por debajo, entonces apenas puede notar diferencia excepto por la solidez del sonido. ¡Este es el modo que debería ser!

Encontrar la grabación adecuada para evaluar los bajos es difícil porque las grabaciones de bajos se encuentran por todo el mapa. Podría llevar días comprobar sus *subwoofers* utilizando una variedad de grabaciones. Una excelente manera de evaluar un sistema de rango completo es con una grabación de un bajo de cuerda cuyo nivel se haya grabado de manera muy natural. He estado utilizando una de mis propias grabaciones estéreo como una grabación de prueba de bajos: mi grabación de Rebecca Pigeon, "Spanish Harlem" para Chesky JD115

Esta canción, en la clave de Sol, utiliza la clásica progresión I, IV, V. Aquí van las frecuencias de las notas fundamentales de esta melodía de bajo:

49 62 73
65 82 98
73 93 110

Si el sistema cuenta con una adecuada respuesta de bajo, los bajos deberían sonar naturales, las notas no deberían destacar demasiado o encontrarse en retroceso. Comience con los *subwoofers* desconectados y verifique que la(s) nota(s) más baja(s) son un poco débiles. Entonces conecte los *subwoofers* y verifique que restauran las notas más bajas sin añadir ninguna anomalía. Verifique que el añadido de los *subwoofers* no mueve el instrumento hacia delante en el escenario sonoro (una indicación de que el nivel del bajo se ha colocado demasiado alto) o resulta poco definida su ubicación (una indicación de que los *subwoofers* se encuentran demasiado separados). Es así de simple. Después, tómese un descanso y disfrute la actuación de Rebecca por su natural reproducción acústica de la voz, instrumentos de cuerda y de percusión, y la profundidad acústica de una buena sala de grabación. Si consigue esta calidad de sonido, entonces se encuentra listo para comenzar, con un excelente sistema estéreo de 2 canales.

Gestión de Bajos para el Central y los Envolventes

Nuestro siguiente trabajo es ampliar suavemente la respuesta de frecuencia inferior del altavoz central y de los altavoces envolventes. Una vez más inserte ruido rosa no correlacionado, de nivel calibrado, con el monitor *master* en la posición de 0 dB. Reproduzca únicamente el altavoz central, y establezca la gestión de bajos para conectar las bajas frecuencias del altavoz central a los *subwoofers*. Ajuste la frecuencia de paso alto del altavoz central a la misma frecuencia utilizada para la izquierda y la derecha (si el altavoz central es del mismo modelo que los laterales). Después ajuste el nivel del atenuador de gestión de bajos del altavoz central (la cantidad de energía del central redirigida al *subwoofer*) hasta que la respuesta total de bajos sea tan uniforme como sea posible con el RTA. Determinar un nivel correcto de bajos de los dos envolventes es un poquito más complicado, ya que se encuentran eléctricamente sumados en un único bajo mono (a menos que la gestión de bajos sea suficientemente sofisticada para

redirigir el bajo del envolvente izquierdo al *subwoofer* izquierdo y viceversa). Reproduciendo en solitario cada envolvente por turnos, ajuste el atenuador de gestión de bajos de cada uno para una respuesta más uniforme, después compruebe la respuesta de bajos de ambos envolventes a la vez, tanto con ruido rosa no correlacionado como mono. Favorezca la respuesta con ruido rosa mono ya que estamos asumiendo que en la grabación musical típica el bajo se encontrará en fase en ambos envolventes.

El Ajuste de Ganancia del LFE

El LFE, o canal .1 es un canal auxiliar diseñado para aumentar el techo dinámico de los canales de bajos. Esto es porque cuando se desea un bajo extra por debajo de unos 50 Hz, el oído (que es insensible al bajo) puede requerir niveles digitales ¡de hasta 10 dB+ que la escala digital completa! En un sistema 5.1 adecuadamente diseñado, se ha tenido en cuenta este techo dinámico en el diseño del *subwoofer.* Ante la duda, compruebe con el fabricante. Para cumplir con el estándar RP 200, las bandas RTA individuales **solo para el canal LFE,** deberían dar una lectura de 10 dB mayor que la banda de 1 kHz. Esto es, 78 dB SPL si la banda de 1 kHz se encuentra a 68 con un ruido rosa de -20 dBFS RMS. Reproduzca en solitario la salida LFE y ajuste el nivel del atenuador del canal LFE hasta que la banda de 50 ó 63 Hz dé una lectura de 78 dB.

Esto completa la calibración del monitor. Ahora se encuentra en la misma página que los ingenieros de masterización más avanzados del siglo XXI. Para hablar el mismo lenguaje diga a todos sus compañeros ingenieros: "Mi sistema de monitores se encuentra calibrado con una referencia o dB SMPTE RP 200". Ahora vuelva a sentarse y ¡disfrute de su sistema de reproducción multicanal calibrado!

V. Llevándolo Más Allá: ¿Ecualización de los Monitores?

Mi filosofía es evitar la ecualización de los monitores a menos que sea absolutamente necesario. Creo que deberíamos hacer todo lo posible para arreglar acústicamente problemas inducidos por la sala, y reubicar los *subwoofers* y/o los satélites si es necesario, para una respuesta más lineal. La ecualización, si se lleva a cabo, debería ser hecha por un experto en acústica hábil y experimentado que comprenda las contrapartidas de la ecualización eléctrica de la respuesta directa, cuando la raíz del problema es una anomalía en la sala. Cuando ecualice, recuerde que el oído responde al sonido directo y de la habitación de manera diferente que un RTA. Finalmente, considere la contrapartida de distorsión y ruido adicional si se añade un ecualizador a un sistema.

---

1 Si los satélites se encuentran muy bajos, hasta 40 Hz, tanto mejor, porque la imagen estéreo será probablemente más coherente con una frecuencia más baja del separador de frecuencias. Sin embargo, cuando se masteriza para Dolby Digital, es importante hacer una prueba de escucha con un separador de frecuencias mono a 100 Hz para que sea compatible con los sistemas de gestión de los bajos de consumo. Muchas autoridades recomiendan un paso bajo de cuarto orden (24 dB por octava) en el *woofer* y un paso alto de segundo orden (12 dB por octava) en los satélites.

2 Holman muestra una banda individual SPL de 70 dB SPL, pero dése cuenta que esto fue tomado con una señal de ruido rosa de -18 dBFS. Si el ruido de la fuente es mayor, entonces debemos esperar una salida SPL más elevada. Las medidas serán mucho más repetibles de sala en sala cuando mide la banda de 1 kHz, tal y como se describe en el texto. Así que, determine el nivel a utilizar cuando se mida la banda de 1 kHz sustrayendo 14,8 (lo que todos excepto los perfeccionistas redondean a 15 dB) de la banda ancha oficial SPL. Por ejemplo, si la fuente de ruido rosa se encuentra a -20 dBFS RMS en la banda ancha, la banda ancha SPL sería 83 dBC, y ajuste la ganancia del monitor hasta que la banda de 1 kHz dé una lectura de 68,2 dB. Si la fuente de ruido rosa se encuentra a -18 dBFS RMS en la banda ancha, entonces la banda ancha SPL sería 85 dBC, y la banda de 1 kHz 70 dB (70,2). Esto se explica en parte en un pie de nota de la especificación SMPTE RP200.

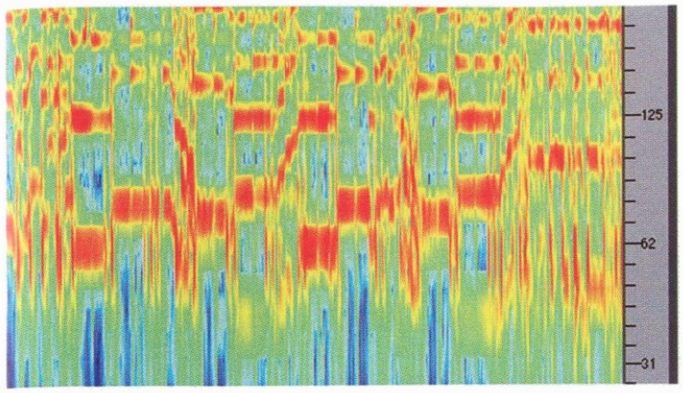


Figura C8-01: *El espectrograma de SpectraFoo™ de las frecuencias de bajos de varias medidas de una pieza de rock. Léalo como la banda sonora de una orquesta, el tiempo va de izquierda a derecha. El rojo representa los niveles más altos. Fíjese que el bajo va en el rango de frecuencias fundamentales de 62-125 Hz y lleva en paralelo armónicos segundos y terceros.*

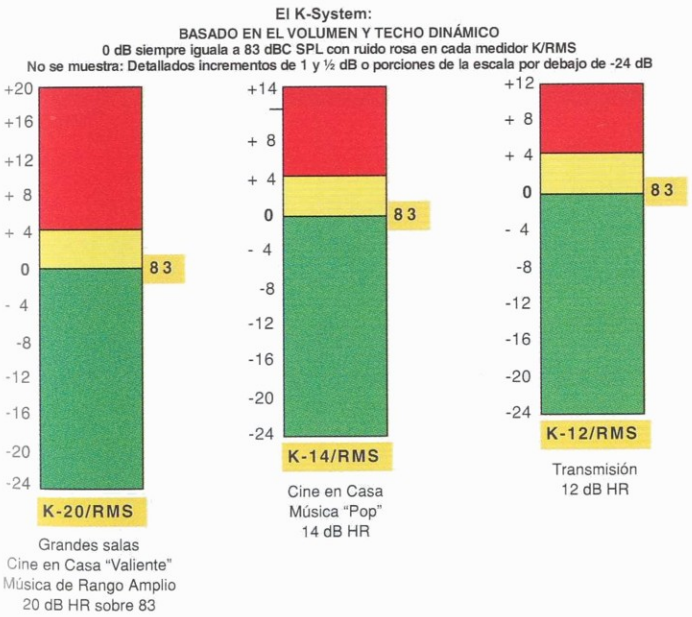


Figura C15-01: *Las tres escalas de medición del K-Systema se llaman K-20, K-14 y K-12. Les he puesto el mote de medidor papá, medidor mamá y medidor hijo. El medidor K-20 está orientado a material de amplio rango dinámico, p. ej., mezclas para grandes salas, mezclas "para cine en casa valiente", música audiofila, música clásica (sinfónica), música pop "audiofila" mezclada en 5.1 surround, etc. El medidor K-14 es para la amplia mayoría de producciones de alta fidelidad moderadamente comprimidas, orientadas a la escucha doméstica (p. ej., cierto cine en casa, pop, folk y música rock). Y el medidor K-12 es para producciones orientadas a la transmisión.*

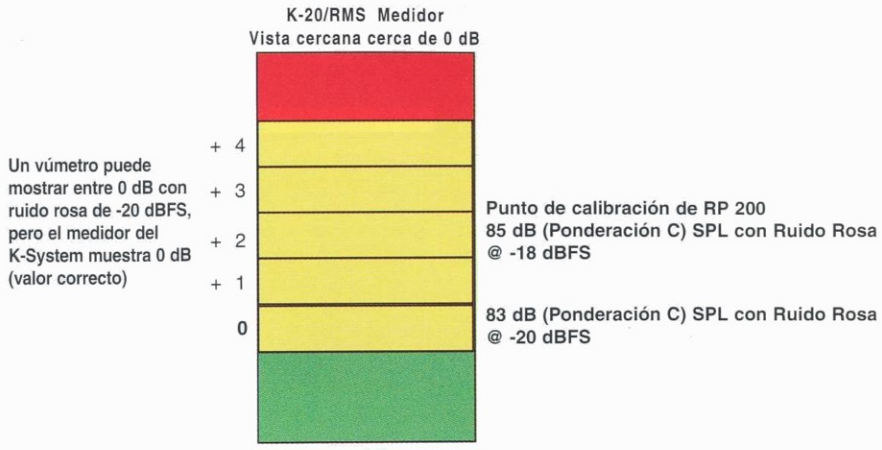


Figura C15-02*: Un medidor K-20/RMS en detalle, con los puntos de calibración.*

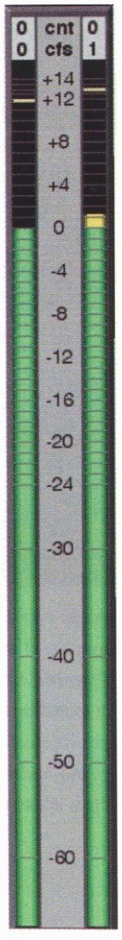


Figura C15-03:
Un medidor K-14/RMS tal y como se implementa en SpectraFoo

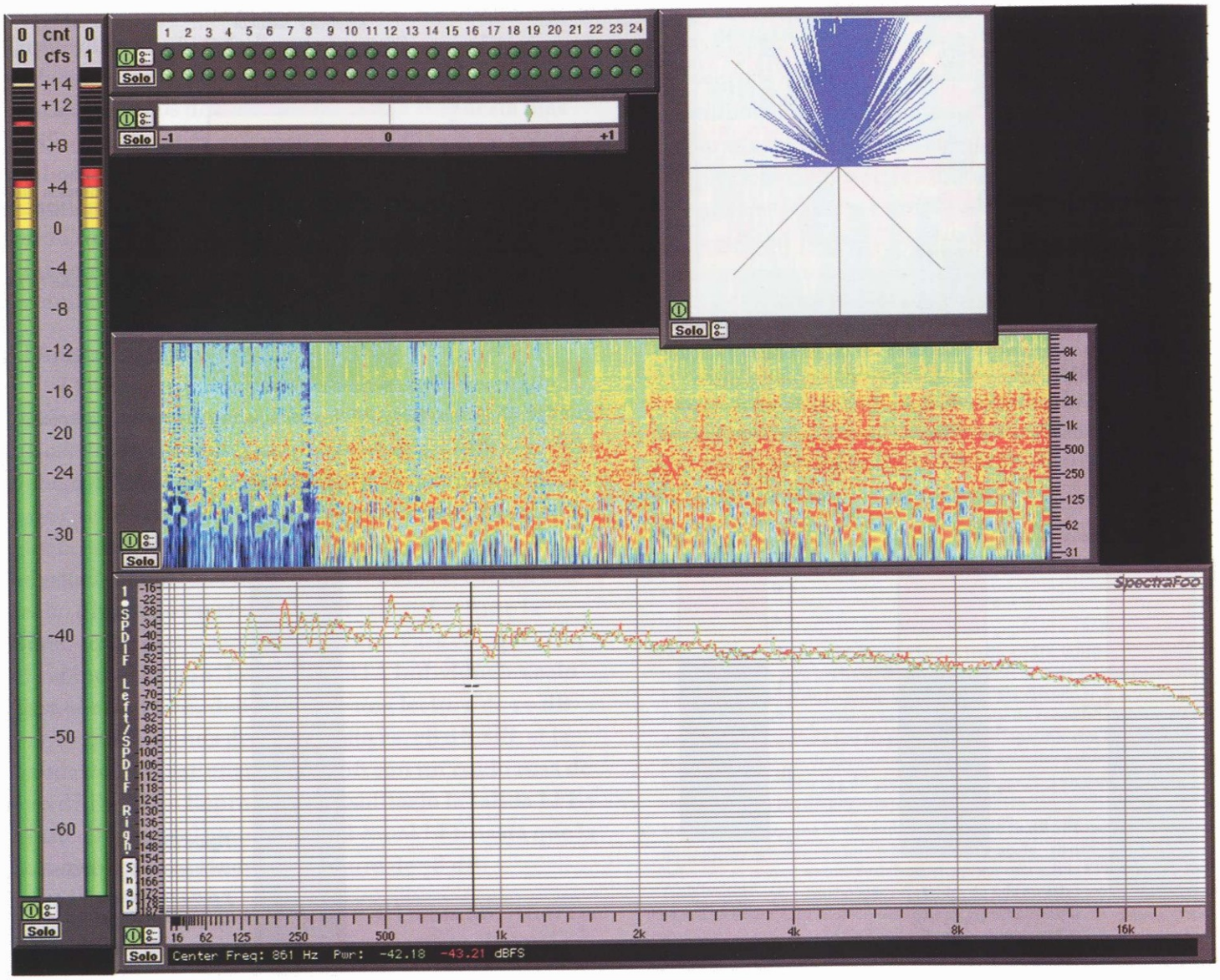


Figura C16-01: *SpectraFoo durante un momento de acción musical. De izquierda a derecha en la parte superior: el medidor K-14, el bitscope, y el indicador de la posición estéreo. Directamente debajo del bitscope hay un medidor de fase/correlación. En la mitad de la pantalla hay un Espectrograma, con un sección silenciosa en la parte izquierda, después comienza la canción. En la parte superior derecha hay un indicador de la posición estéreo, y en la parte inferior, el Gráfico del Espectro, el canal izquierdo en verde, el canal derecho en rojo.*

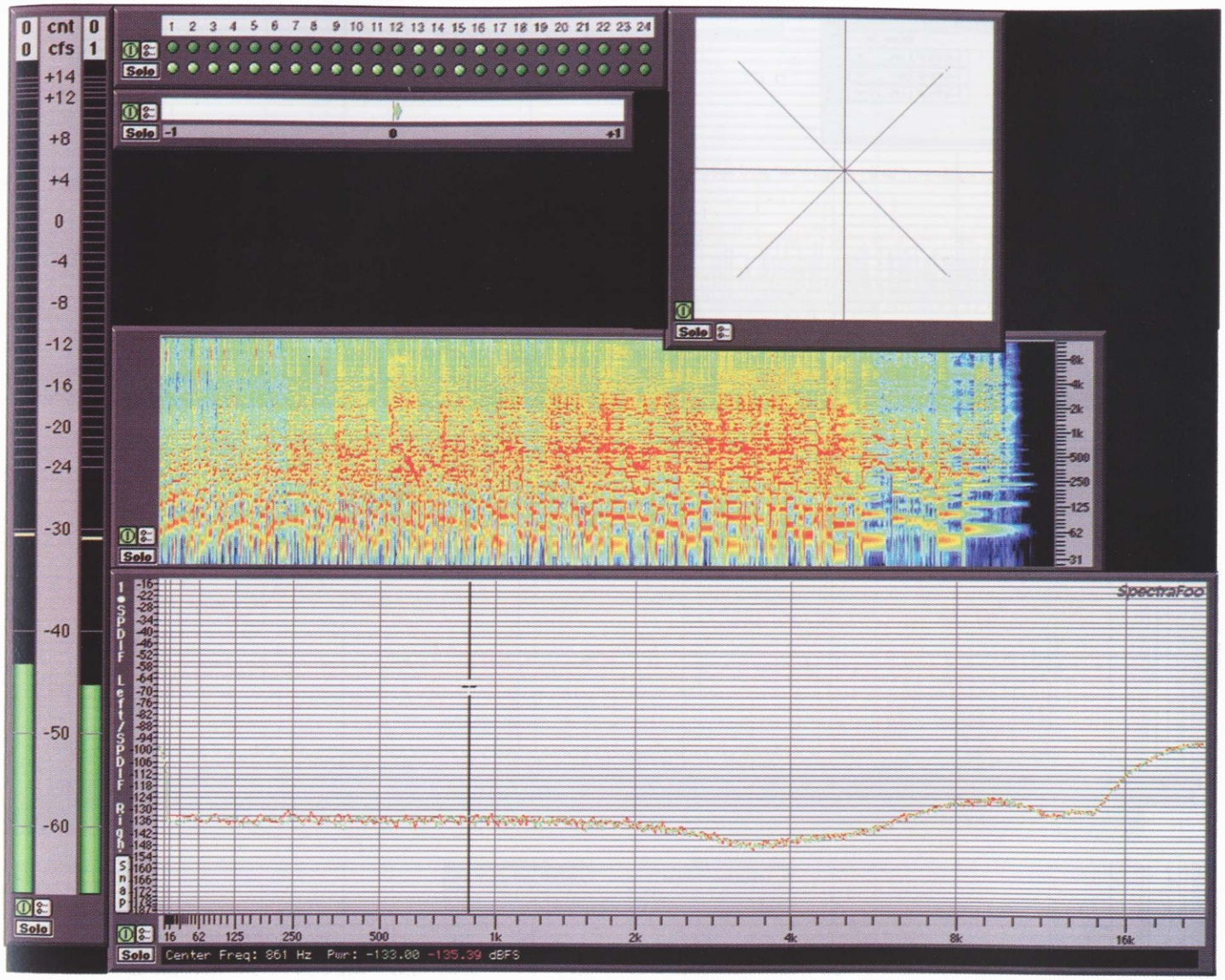


Figura C16-02: *SpectraFoo durante una pausa de la música. Únicamente los cuatro bits inferiores hacen flip-flop en el bitscope, y la curva característica del tramado POW-R tipo 3 se revela en el Gráfico del Espectro. Las últimas notas de la música "fundido a negro" pueden verse en la parte derecha de la línea de tiempo del Espectrograma.*

Figura C16-03: *La comparación de ruidos base de tramado uniforme de 16, 20 y 24 bits (la señal roja, naranja, y verde respectivamente).*

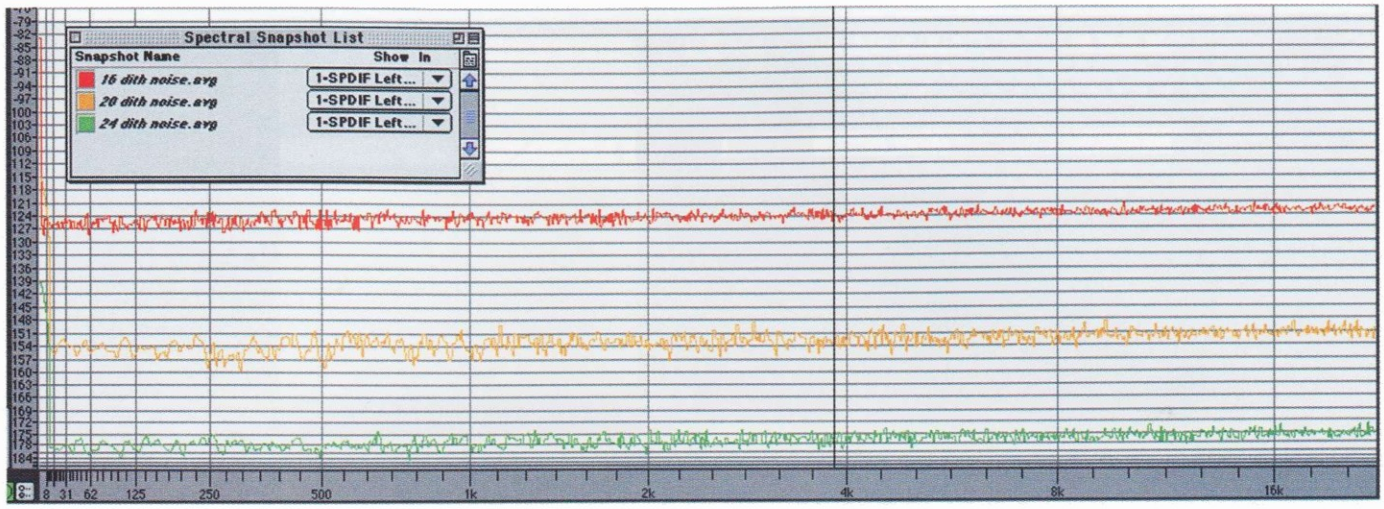


Figura C16-04: *La curva POW-R tipo 3 a un ruido base de 16 bits (señal roja), con un tramado uniforme de 20 bits (señal naranja) y un tramado uniforme de 24 bits (verde) como referencia.*

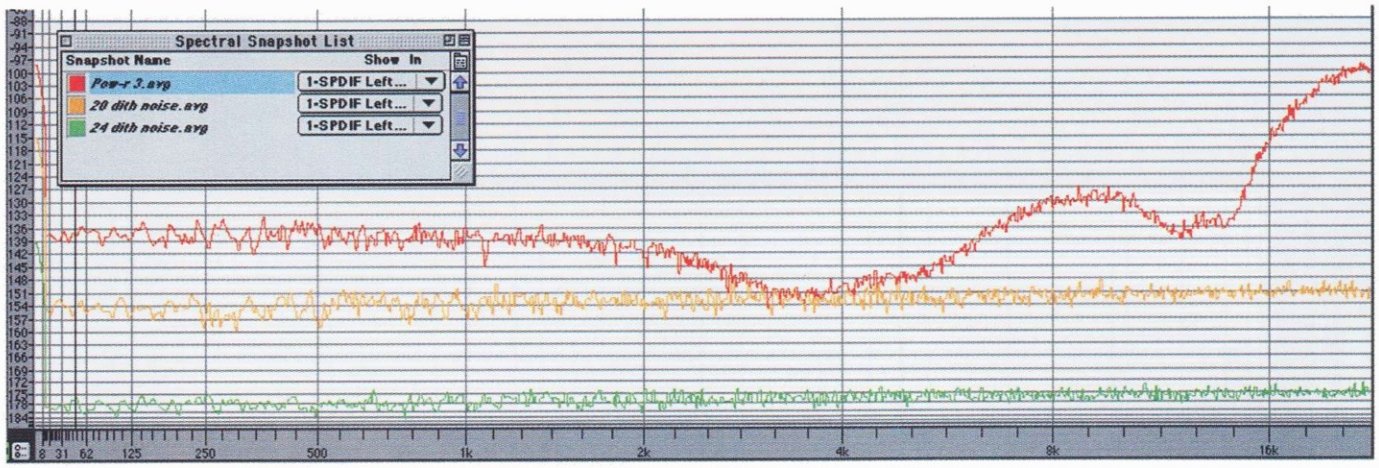
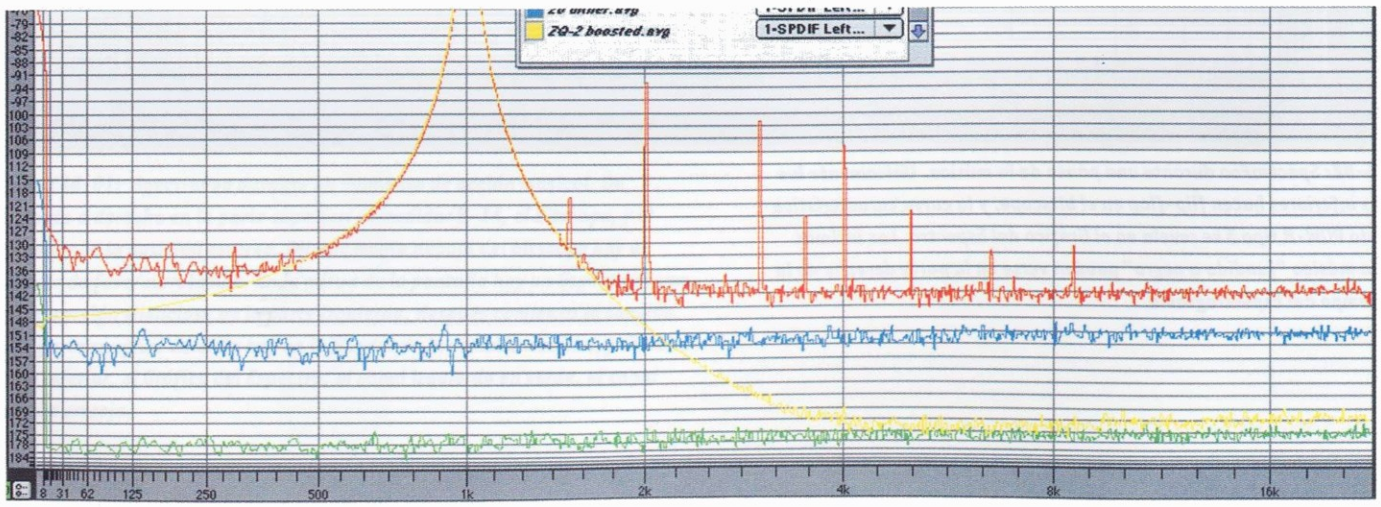


Figura C16-05: *La distorsión y representación del ruido de ecualizador analógico Millennia Media NSEQ-2 en modo de tubo (rojo), ruido base aleatorio de 20 bits como referencia (azul), ruido base de 24 bits (verde), y el ecualizador digital de Z-Systems ZQ-2.*



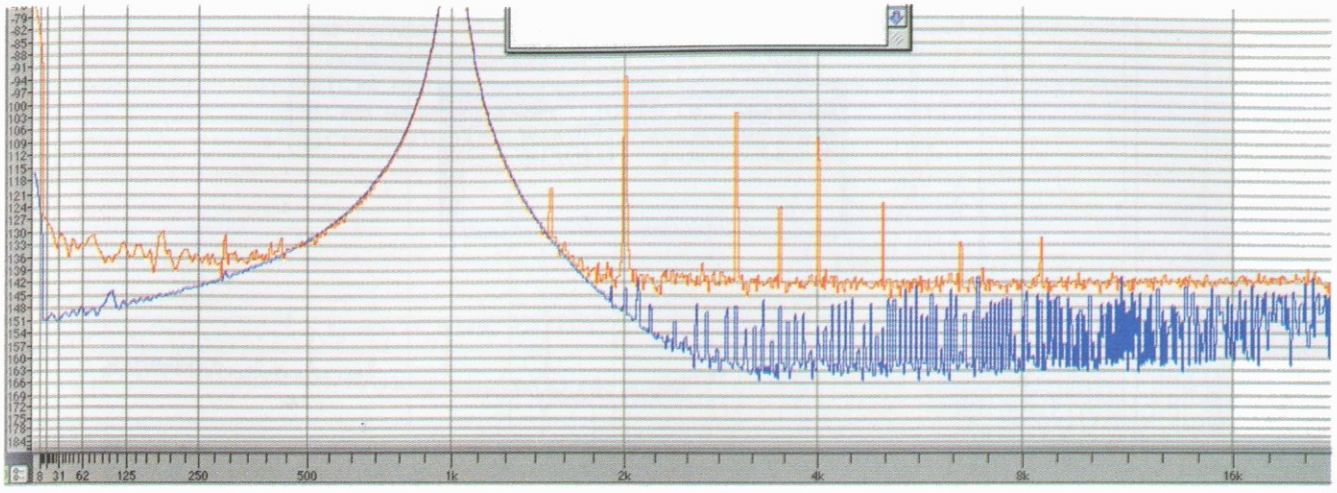


Figura C16-06: *Distorsión y representación del ruido del analógico Millennia Media NSEQ-2 (señal roja), frente al Digital Z Systems ajustado para truncar a 20 bits, sin tramdo (señal azul).*

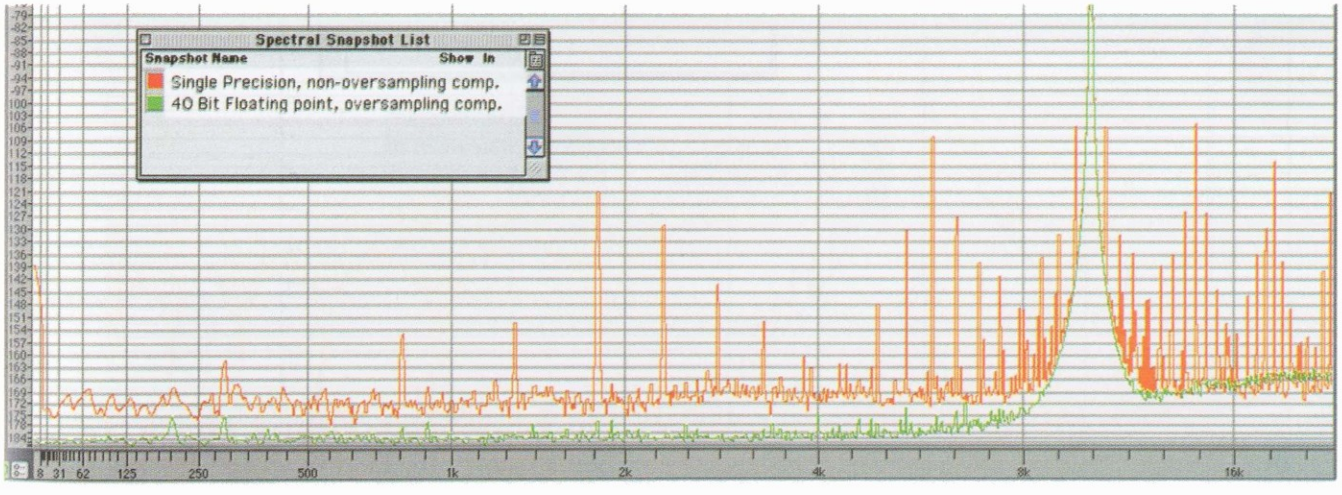


Figura C16-07: *La comparación de dos compresores digitales, ambos con una compresión de 5 dB con una señal de 10 kHz. Señal roja: Precisión única, sin sobremuestreo. Verde: 40 bits de punto flotante, doble muestreo y tramado a un nivel de 24 bits fijos.*

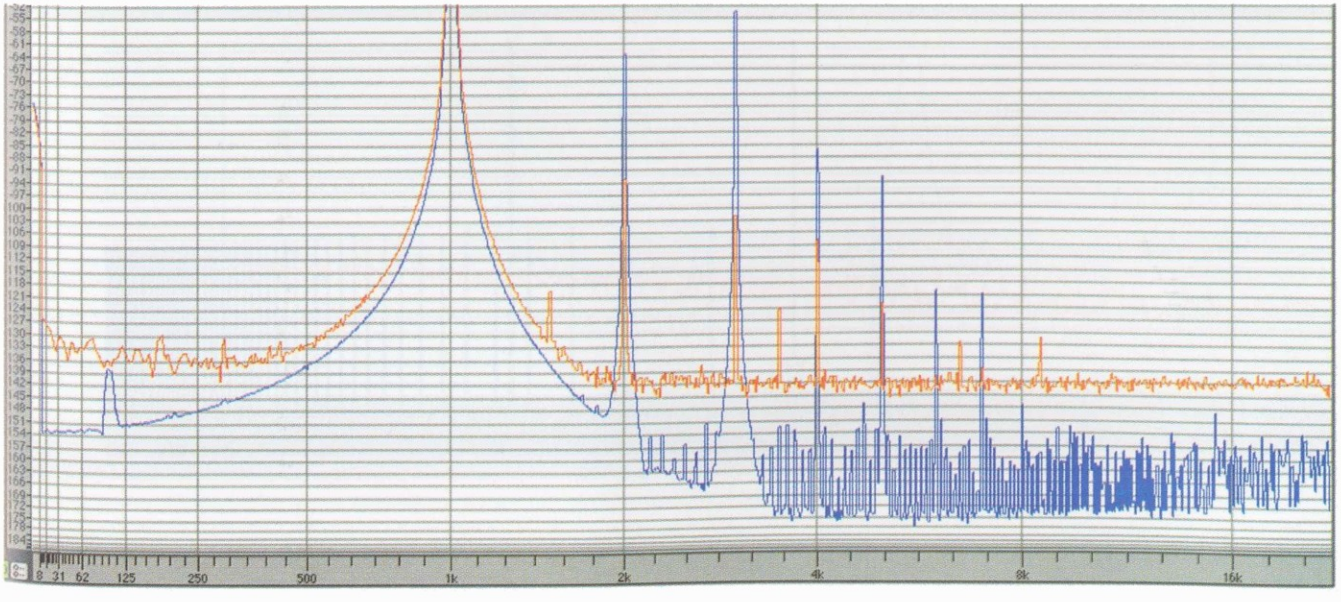


Figura C16-08: *La comparación del simulador analógico digital Cranesong HEDD-192 (señal azul) con el NSEQ (rojo).*

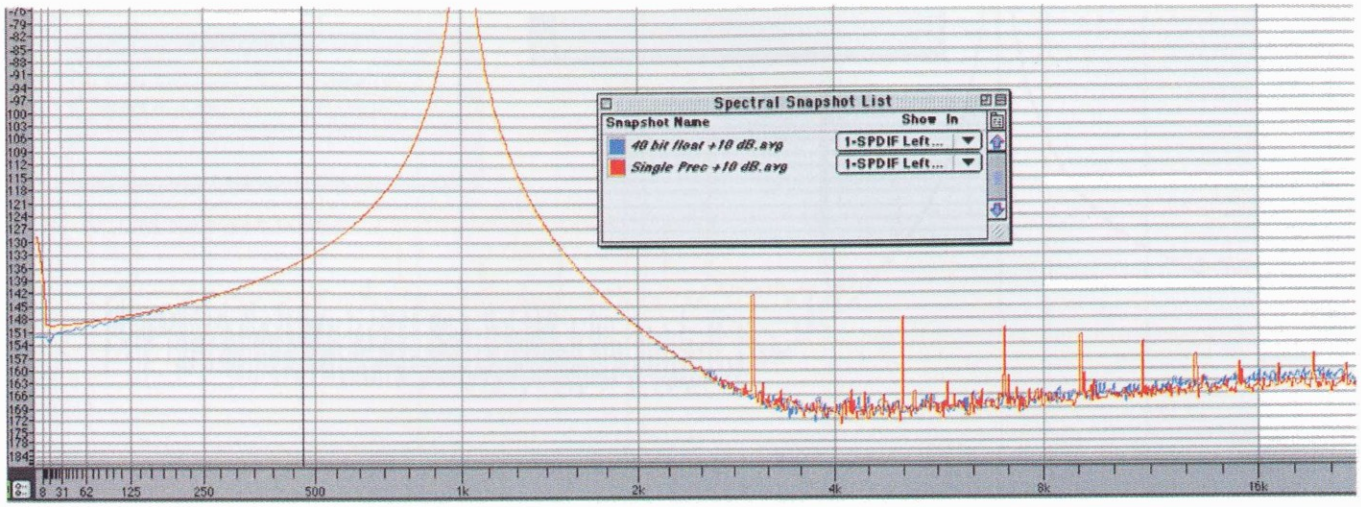


Figura C16-09: *Un simple incremento de 10 dB aplicado a dos diferentes tipos de procesadores. En rojo, un procesador de precisión única, cuya distorsión es el resultado del truncamiento de todos los productos por debajo del 24° bit. Y en azul, la salida de un procesador de 40 bits de punto flotante que trama su salida a 24 bits.*

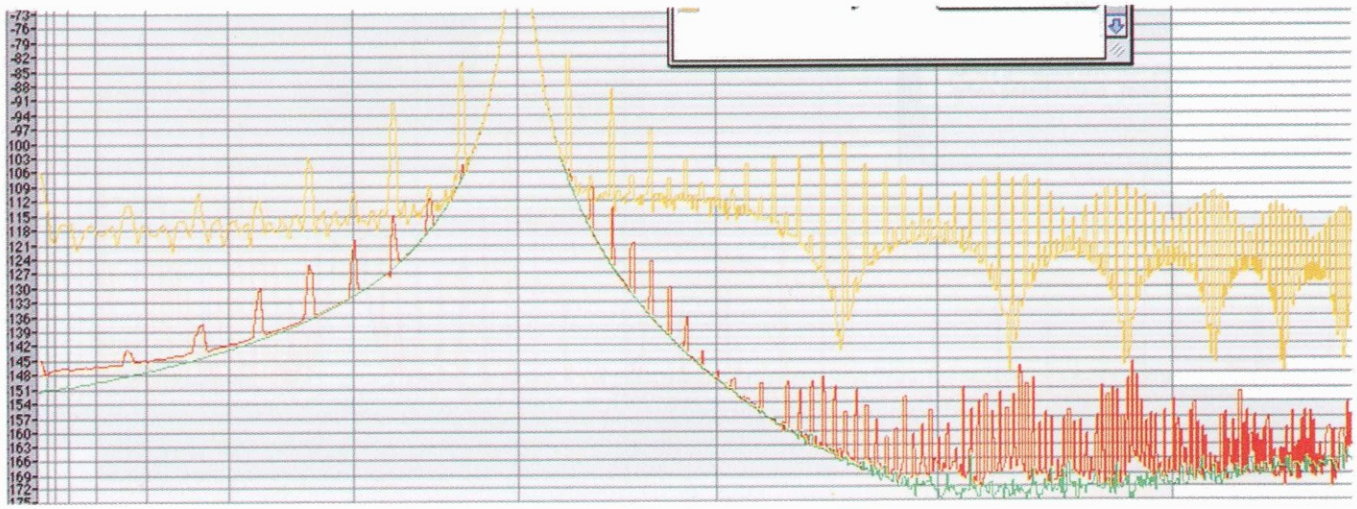


Figura C16-10: *Compara dos procesadores digitales de excelente sonido, el Weiss DS1-MK2 (señal verde), que utiliza unos cálculos de 40 bits de punto flotante, y el Waves L2 de muestreo estándar (rojo), que utiliza 48 bits de punto fijo. El limitador de seguridad conmutable del Weiss, que no está sobremuestreado, se muestra en naranja.*

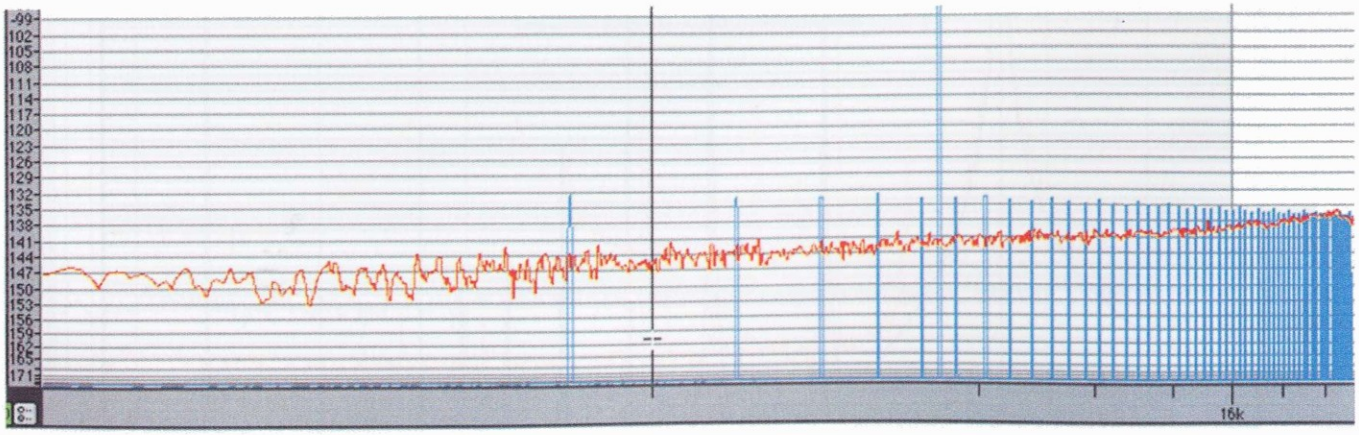


Figura C19-01:

Prueba de Inestabilidad de fase:

Una señal J-Test de prueba de 16 bits (señal azul) superpuesta con el ruido base del convertidor analógico UltraAnalog A/D (señal roja) que juntos definen los límites de la resolución de mi sistema de prueba de la inestabilidad de fase.

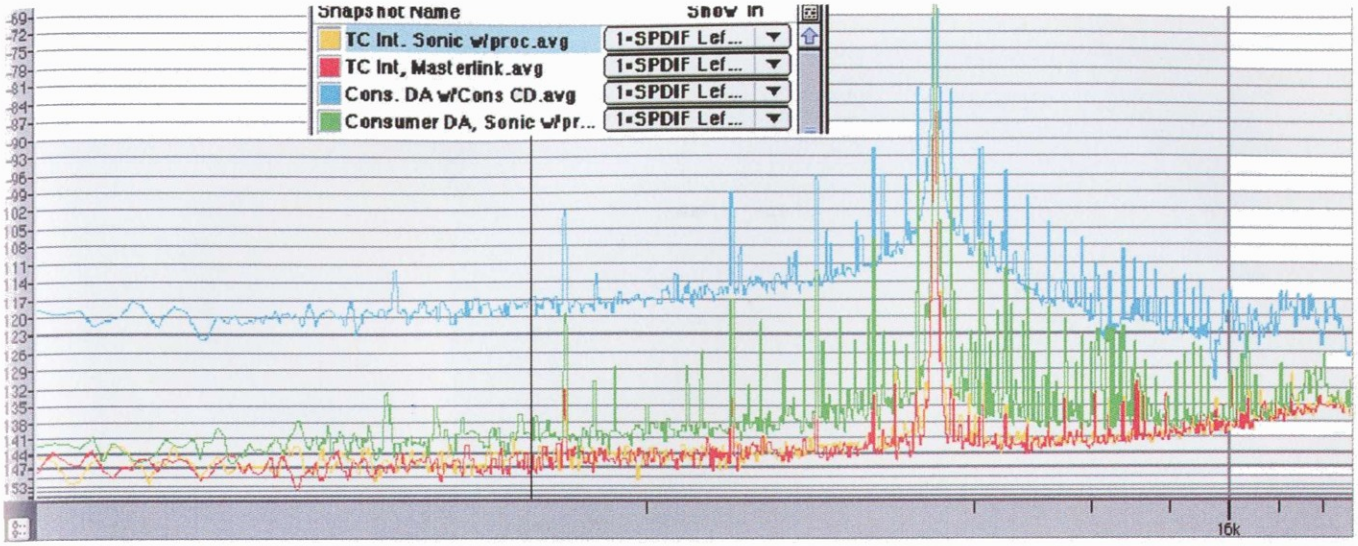


Figura C19-02:
Mediciones de la inestabilidad de fase con la señal J-Test:
Señal Naranja: Inestabilidad de fase TC DAC en sincronización interna, alimentado desde Sonic Solutions.
Roja: Inestabilidad de fase TC DAC en sincronización interna, alimentado desde Masterlink.
Azul: DAC de consumo alimentado desde un Reproductor de CDs de consumo.
Verde: DAC de consumo alimentado desde Sonic Solutions.

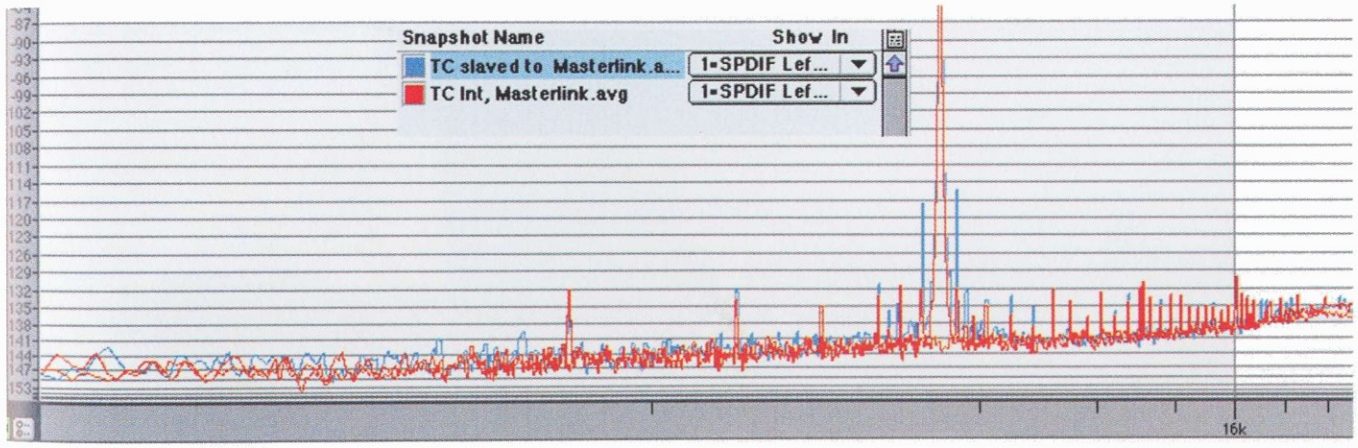


Figura C19-03:

Mediciones de la inestabilidad de fase, que demuestran como diferentes métodos de reloj pueden producir diferente sonido con el mismo transporte fuente.

El transporte Masterlink alimentado desde una Señal de Prueba J-Test a TC D/A.
Azul: TC D/A dependiendo de un transporte Masterlink vía AES/EBU.
Rojo: TC D/A en sincronización interna.

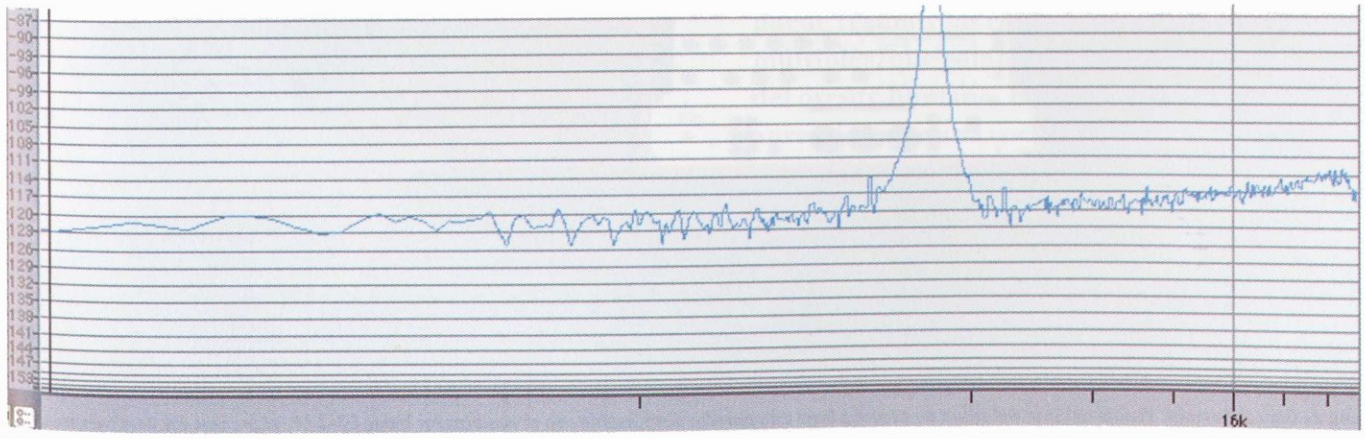


Figura C19-04:

Mediciones de Inestabilidad de Fase:

Una señal J-Test alimentada desde una Weiss DAC en sincronización AES/EBU

Vista desde el puente. ***El estudio de masterización de Digital Domain. Visible delante del sillón de escucha hay: una parrilla desplazable con el ecualizador Weiss EQ-1 LP, el procesador de dinámicas Weiss DS1-MK2, y el procesador K-Stereo DD-2 de Digital Domain, un par de medidores Dorrough, altavoces de referencia 3A (satélites) sobre atriles rellenos de arena, además de los subwoofers servo controlados Genesis.***

Capítulo 15

Como realizar mejores grabaciones en el siglo XXI

Parte II: El K-System, un Enfoque Integrado de la Medición, Monitorización, y Prácticas de Ajuste de Niveles

I. Historia: El Vúmetro

El 1 de Mayo de 1999, el vúmetro celebró su 60 cumpleaños. 60 años - pero todavía ampliamente incomprendido y mal utilizado. El vúmetro tiene una respuesta cuidadosamente especificada y dependiente del tiempo al material programado, que yo denomino *cálculo del promedio* para simplificar la discusión, pero que significa de verdad la particular respuesta del vúmetro. Este instrumento estaba destinado a ayudar a los productores de programa a crear un volumen consistente entre los elementos del programa, pero como era un pobre indicador de las sobrecargas de la grabación, los diseñadores del medidor dependían del *techo dinámico* de 10 dB o mayor, por encima de 0 VU, del medio analógico entonces en uso.

Resumen de los Errores e Inconsistencias del Vúmetro

En general, la balística del medidor, la escala, y la respuesta de frecuencia contribuyen a un indicador inexacto. El medidor se aproxima a los cambios momentáneos de volumen del material programa, pero informa de diferencias de nivel momento a momento, que son mayores de lo que el oído realmente percibe.

Balística: La balística del medidor se diseño para "quedar bien" con la palabra hablada. Su tiempo de integración de 300 ms le da una respuesta silábica, pero no lo hace exacto. Una constante temporal no puede resumir las complejas constantes temporales múltiples, que componen la percepción del volumen del oyente humano. Los usuarios entrenados pronto aprenden que una corta "salva" ocasional de 0 a +3 VU probablemente no provoca distorsión, y normalmente no tiene sentido respecto al cambio de volumen.

Escala: En 1939, los amplificadores logarítmicos eran grandes y aparatosos de construir, y era deseable utilizar un simple circuito pasivo. El resultado es un medidor en el que a cada decibelio de cambio no se le

Los operadores del vúmetro a veces son a menudo engañados por el tratamiento de las dos mitades de la escala, con el mismo peso, pero la mitad superior solo tiene 6 dB del rango dinámico total.

da el mismo mérito. El 50% superior de la escala física está dedicado a tan solo los 6 dB superiores del rango dinámico, y, como se demuestra, el rango dinámico útil del medidor es de solo unos 13 dB. Sin darse cuenta de este hecho fundamental, tanto operadores expertos como inexpertos tienden a empujar los niveles del audio y/o comprimirlos para que se mantengan dentro de este rango visible. Los extremos movimientos de la aguja hacen difícil distinguir el material comprimido del no comprimido. El material suave puede mover apenas el medidor, pero encontrarse bien dentro de los límites aceptables para el medio y el ambiente de escucha deseado.[5]

Respuesta de frecuencia: La respuesta de frecuencia relativamente uniforme del medidor da lugar a desviaciones del medidor que son mucho mayores que el cambio de volumen percibido, ya que la respuesta del oído es no lineal respecto a la frecuencia. Tanto la distribución de la frecuencia como el nivel medio afectan al volumen. Por ejemplo, cuando se masteriza música reggae, que tiene un contenido de bajo muy fuerte, el vúmetro puede rebotar varios dB en respuesta al ritmo del bajo, pero el cambio de volumen percibido es probablemente menor que un dB.

Falta de observancia de los estándares: En el uso corriente, existen muchos vúmetros mecánicos incorrectamente terminados, e indicadores construidos de manera económica, que son etiquetados "vúmetro". He visto producirse peleas entre productores de programa que leían diferentes instrumentos de "vúmetro". Un auténtico vúmetro es un dispositivo bastante caro y no puede ser denominado *vúmetro* a menos que cumpla con el estándar.

A lo largo de los últimos 60 años, los psicoacústicos han aprendido a como medir el volumen mucho mejor que un vúmetro. A pesar de todos estos hechos, *el vúmetro es un medidor de volumen muy primitivo.* Además, la tecnología digital nos permite corregir la escala no lineal, su rango dinámico, balística, y respuesta de frecuencia.

II. La Magia del *83* con las Mezclas Fílmicas

A diferencia de los CDs de música, las películas son consistentes de una a otra porque la ganancia de monitorización ha sido estandarizada, como aprendimos en el Capítulo 14. En 1983, como presidente de los talleres de la Convención de la AES, invité a Tomlinson Holman de Lucasfilm para hacer una demostración de las técnicas de sonido utilizadas para crear las películas de La Guerra de las Galaxias. Los ingenieros de Dolby Systems trabajaron durante dos días para calibrar el sistema de reproducción de la sala Ziegfeld, buque insignia de Nueva York. Más de 1000 asistentes a la convención llenaban la sección central del teatro. Al final de la demostración, Tom pidió una votación a mano alzada. "¿Cuántos de ustedes pensaron que el sonido era demasiado alto?" Se alzaron unas cuatro manos. "¿Cuántos pensaron que estaba correcto?" Al menos 996 ingenieros de audio levantaron su mano.

La elección de 83 dB SPL ha superado la prueba del tiempo, ya que permite unas grabaciones de amplio rango dinámico, con un reducido o no percibido ruido de sistema, cuando se graba en cinta magnética o en alta resolución digital. 83 dB va a parar también en el

punto más efectivo de la curva Fletcher-Munson de igual volumen, que es donde la respuesta de frecuencia del oído es más lineal. Cuando la tecnología digital alcanzó las grandes salas, el SMPTE atribuyó la calibración SPL a un punto 20 dB por debajo de la escala digital completa en vez de 0 VU.* Cuando nos convertimos a la tecnología digital, el vúmetro fue rápidamente reemplazado por el medidor de pico de la señal, que no perturbó al mundo del cine, pero que de manera definitiva provocó que la industria de la música sufriera, como veremos.

III. Unidos nos Mantenemos en Casa

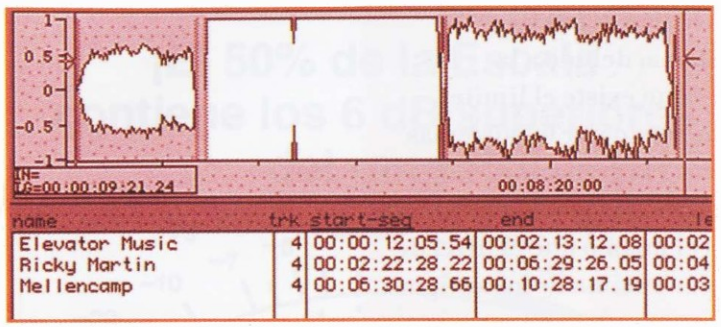
Tal y como vimos en el Capítulo 14 con la integración de los diferentes medios en un único sistema, es de interés directo de los productores de música pesar de manera holística y unirse con los productores de video y de cine para una presentación más consistente del audio de consumo. Los nuevos productores de programa, con poca experiencia en la producción de audio, vienen al campo de la música desde el área de los ordenadores, el *software* y los juegos de ordenador. Estamos entrando en una era en la que la curva de aprendizaje es alta, la experiencia de los ingenieros de grabación es corta y los monitores, que utilizan para realizar los juicios del programa, son mucho menos que los idóneos. Es nuestra responsabilidad educar a los nuevos ingenieros en como realizar los juicios de volumen y calidad. Una plétora de medidores solo de pico en cada ordenador, aparatos DAT, y consolas digitales no proporcionan información sobre el volumen del programa. Los ingenieros deben aprender que el único propósito del medidor de pico es proteger el medio y que algo más como el nivel medio afecta al volumen del programa.

Los problemas actuales del ajuste de niveles: La Carrera del Volumen

La carrera del volumen no es nueva, en los días del vinilo, los ingenieros de masterización competían para producir el LP más alto. Pero lo que es nuevo es la fantástica magnitud del problema: debido a la naturaleza del medio digital, ya no existe el limite físico que era previamente impuesto por los sistemas mecánico-eléctricos analógicos y la grabación magnética analógica. Sin ese límite es posible producir CDs cuyo nivel medio sea casi el mismo que el nivel de pico, ¡unos increíbles 20 dB por encima de los antiguos niveles medios! Los poderosos compresores y limitadores digitales posibilitan a los ingenieros de masterización producir una señal distorsionada, para la cual no existe precedente en más de 100 años de grabación.[1] Así que, a medida que nos hemos convertido a la tecnología digital, el resultado ha sido un caos, produciendo a diferencias de volumen sin precedentes entre grabaciones.

En la siguiente página hay una forma de onda tomada de una estación de trabajo de audio digital, mostrando tres diferentes estilos de grabación de música. La escala de tiempo es de unos 10 minutos en total, y la escala vertical es lineal, +/-1 en el nivel completo digital, 0,5 de amplitud es 6 dB por debajo de la escala completa. La "densidad" de la forma de onda da una desigual aproximación del rango dinámico de la música y el factor de cresta. En el lado izquierdo hay una pieza de pseudo "música de ascensor" fuertemente comprimida, que construí para una demostración en la 107ª Convención de la AES. En la mitad hay una canción de cuatro minutos de un popular disco compacto producido en 1999. A la derecha hay una popular grabación de rock and roll de cuatro minutos, realizada en 1990 que tiene un sonido bastante dinámico para el rock and roll de ese periodo. La diferencia de volumen percibida entre los CDs de 1990 y 1999 es mayor que 6 dB, ¡aun así ambos de pico a escala completa! Escuchando el CD de 1999, un ingeniero de masterización observó, "¿¡este CD es un interruptor de la luz!? La música comienza, todas las luces de los medidores se encienden, y allí se queda

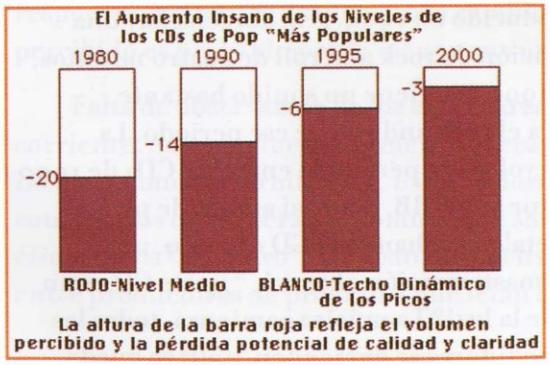
* Véase el Apéndice 9 para el debate de cómo "85" se convirtió en "83".



A la izquierda, "Música de Ascensor" moderadamente comprimida. En el Medio, una selección del "Top 40" del año 1999. A la derecha, una grabación de rock and roll de 1990. Las escalas verticales y horizontales son idénticas.

todo el tiempo." Y no digamos nada sobre la distorsión. ¿Estamos de verdad en el negocio de hacer ondas cuadradas? ¿Por qué la calidad media del sonido de los CDs de música popular ha ido de mal en peor, desde la introducción del medio digital, y qué podemos hacer para arreglar el problema?[2]

El problema psicoacústico es cuando dos programas idénticos se presentan con un volumen que difiere ligeramente, el más alto de los dos a menudo parece "mejor", **pero solo en una escucha a corto plazo.** Esto explica porque los niveles de volumen de los CDs han sido progresivamente aumentados hasta que la calidad del sonido es tan mala que cualquiera puede percibirlo (ilustrado debajo). ¡Y porque existe una notable (e inaceptable) diferencia de nivel de 15 dB de media entre los CDs de música pop! Recuerde que la "carrera" del volumen ha sido siempre artificial, ya que el consumidor ajusta, en cualquier caso, su control de volumen de acuerdo a cada disco. Esta situación incontrolada es un obstáculo para la creación de material programa de calidad en el siglo XXI. ¿De que sirve un sistema de audio digital de 24 bits/96 kHz si los programas que creamos solo tienen un bit de rango dinámico?



¿Es esto lo que sucederá a la próxima generación de portadoras? (p. ej., DVD-A, SACD). Lo hará, a no ser que demos pasos ahora para pararlo.

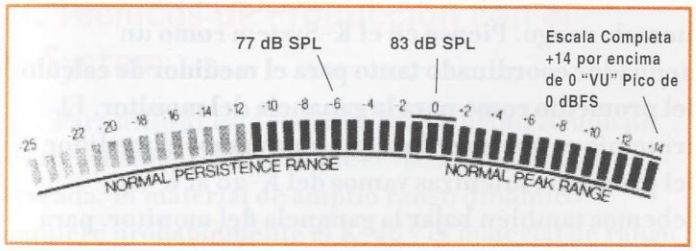
Existen, por supuesto, sitios específicos donde se necesita una fuerte compresión: escucha de fondo, fiestas, la reproducción en el bar y en una máquina de discos, los estéreos para coche, auriculares de corredor de footing, los altavoces de las tiendas de discos, los auriculares de los puntos de escucha de una tienda de discos, etc. En cada uno de estos casos debería ser posible bien producir un CD comprimido a medida únicamente para este propósito, o instalar un compresor en la máquina de discos el cambiador de CD, o en el sistema de reproducción. Ciertamente esto es mucho menos dañino que comprometer la música grabada para todo tipo de oyentes. Lo que pedimos para ello es un sustituto de baja fidelidad del casete analógico. Irónicamente, el disco compacto se ha convertido en su peor enemigo, ya que no puede ser diferentes cosas para diferentes necesidades.[3] Sueño en un mundo perfecto en el que todos los sencillos en MP3 estén fuertemente comprimidos y todos los álbumes en CD intactos.

IV. La Relación entre SPL y 0 VU

Hacia 1994 instalé un par de medidores Dorrough, con el fin de ver el nivel medio y de pico de manera simultánea en la misma escala. Estos medidores utilizaron una escala con o "medio" (una característica casi de VU, que denominaré **AVG**) situada a 14 dB por debajo de la escala digital completa, y la escala completa marcada como +14 dB. Los ingenieros de masterización de música utilizan a menudo esta escala, ya que una típica cinta analógica estéreo de media 1/2 pulgada 30 IPS tiene aproximadamente 14 dB de techo dinámico por encima de o VU.

El siguiente paso es examinar una simple relación entre el nivel **o AVG** y el nivel de presión del sonido. Para muchas producciones de pop, nuestro control de monitores calibrado se coloca a -6 dB (lo que produce 77 dB SPL con ruido rosa de -20 dBFS RMS).

Como en el medidor, -20 dBFS da una lectura de -6 AVG, entonces 6 dB más alto, o o AVG debe ser 83 dB SPL. Esto significa que estamos en realidad haciendo funcionar SPL con un promedio similar al del estándar de las salas de proyección (nuestra calidad de sonido no es tan clara como la de la sala, y nuestro volumen es probablemente ligeramente menor porque algunos transitorios de alta frecuencia han sido recortados por los 6 dB de compresión). El techo dinámico de nuestro "estudio de pop" es solo 14 dB sobre 83 en vez de 20. El volumen* absoluto de nuestra presentación pop es nominalmente 6 dB más alto que una película en una sala, con lo que se necesita bajar la ganancia del monitor unos 6 dB.



El medidor Dorrough. Con la posición del control del monitor a 6 dB por debajo de la referencia de película, 77 dB SPL aterriza en -20 dBFS, o -6 AVG en el medidor. No por coincidencia, esto se corresponde con 83 dB SPL en el punto 0 AVG del medidor, lo que revela la obvia correlación entre el medidor CERO de un ingeniero de masterización y 83 dB SPL.

Hacer funcionar un medidor del nivel de la presión del sonido durante la sesión de masterización confirma que al oído le gusta que o AVG termine cerca de 83 dB (~86 dB con ambos altavoces funcionando) en los pasajes *forte*. incluso en esta estructura comprimida. Si la ganancia del monitor es reducida aún más unos 2 dB, el ingeniero de masterización juzga que el volumen es inferior y aumenta el nivel medio grabado - y el medidor AVG sube unos 2 dB. Es una relación lineal.† **Esto nos lleva a la conclusión lógica de que podemos producir programas con diferentes cantidades de rango dinámico diseñando un medidor de volumen con una escala deslizable, donde el movible punto cero esté relacionado con el mismo monitor SPL. A pesar de la escala, el personal de producción tendería a colocar la música cerca del punto cero en los pasajes** *forte*.

V. La Propuesta del K-System

Esto nos lleva a mi propuesta del K-System, un estándar de medición y monitorización que integra los mejores conceptos del pasado con el actual conocimiento psicoacústico, con el fin de evitar el caos de los últimos 20 años. También desarrolla un *lenguaje de niveles* común, para que los ingenieros puedan comunicarse adecuadamente.

En el siglo XX nos concentramos en el *medio*. En el siglo XXI, deberíamos concentrarnos en el *mensaje*. Deberíamos evitar los medidores que tienen o dB en la parte superior - esto desanima a los operadores de comprender donde está realmente el mensaje. En lugar de esto, nos movemos a un sistema de medición donde o dB es una **referencia de volumen,** que también determina la ganancia del monitor. A la hora de utilizar, los programas que exceden o dB dan alguna indicación de la cantidad de procesamiento (compresión) que debería haber sido utilizada. Existen tres diferentes escalas de medidor K-System, con o dB bien a 20, 14, ó 12 dB por debajo de la escala completa, para un techo dinámico y requerimientos SNR típicos. El medidor de doble característica tiene una barra que representa el nivel medio y una línea o punto móvil por encima de la barra que representa el más reciente nivel de pico más alto (una muestra) instantáneo.

Existen varios métodos aceptados de medición del volumen, de exactitud variada (p. ej., ISO 532, LEQ,

* **VOLUMEN ABSOLUTO:** Un término que utilizo cuando comparo el volumen aparente de las diferentes fuentes **sin mover el control del monitor.**

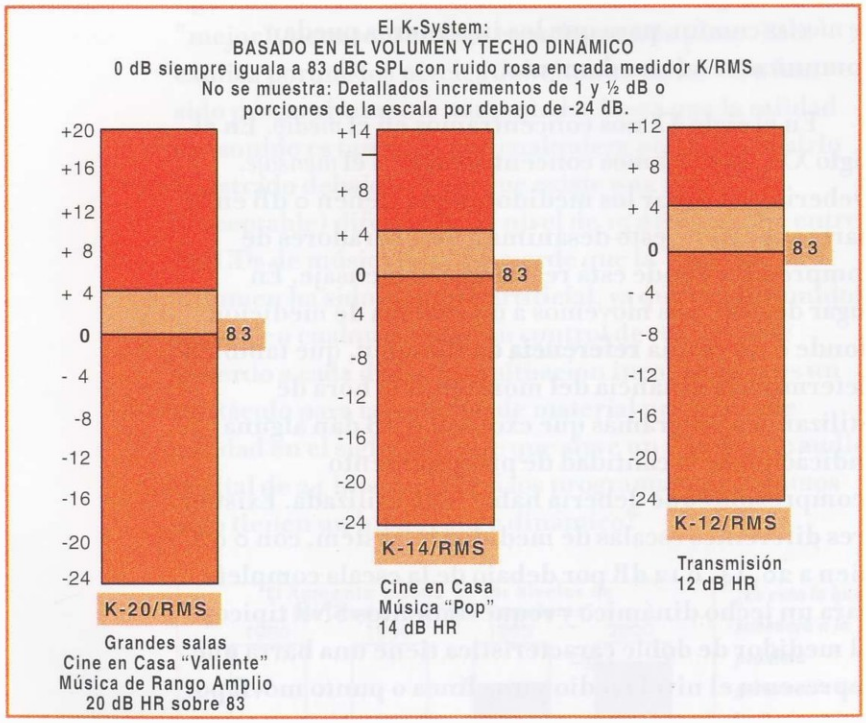
† Lineal hasta que las cosas se aplastan tanto, que el cada vez más comprimido sonido no es equitativamente más alto para el mismo incremento medido en el nivel medio del medidor uniforme.

"El K-System no es solamente una escala de medidor, es un sistema integrado relacionado con la ganancia de monitorización."

Fletcher-Harvey-Munson, Zwicker y otros, algunos no publicados). El extensible K-System acepta todos estos y los métodos futuros, además de proporcionar una versión "plana" con características RMS que se parecen al clásico vúmetro.

Fíjese que el nivel de pico digital de escala completa se encuentra **siempre** en lo más alto de cada medidor K-System, no cambia. Solo se desliza el nivel medio de calibración, el punto de 83 dB SPL se desliza de manera relativa al nivel máximo de pico. Utilizando el término K-(N) se define simultáneamente el punto de 0 dB del medidor y la ganancia de monitorización, creando esto **el primer sistema integrado de medición y monitorización.** *

[***El Medidor del K-System,*** *para una imagen en color por favor, véase la sección de Láminas de Color,* ***Figura C15-01****.]*



Las tres escalas de medición del K-Systema se llaman K-20, K-14 y K-12. Les he puesto el mote de medidor papá, medidor mamá y medidor hijo. El medidor K-20 está orientado a material de amplio rango dinámico, p. ej., mezclas para grandes salas, mezclas "para cine en casa valiente", música audiofila, música clásica (sinfónica), música pop "audiofila" mezclada en 5.1 surround, etc. El medidor K-14 es para la amplia mayoría de producciones de alta fidelidad moderadamente comprimidas, orientadas a la escucha doméstica (p. ej., cierto cine en casa, pop, folk y música rock). Y el medidor K-12 es para producciones orientadas a la transmisión.

Explicación Simplificada

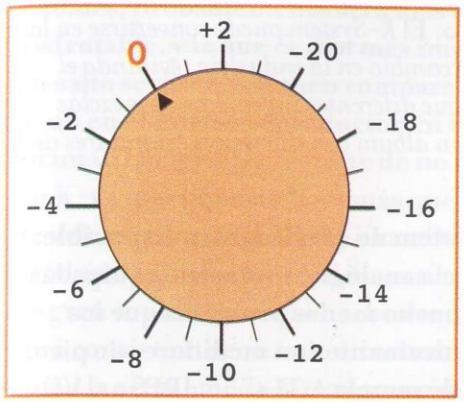
Muchos ingenieros de masterización han reconocido que el medidor de pico es inadecuado para juzgar el volumen, así que utilizan un tradicional vúmetro analógico. Pero debido al amplio rango de niveles medios en los CDs de pop actuales, utilizan un atenuador de vúmetro variable para evitar que el vúmetro llegue hasta la zona roja o que dé una lectura fuera de rango. Piense en el K-System como un atenuador **coordinado tanto para el medidor de calculo del promedio como para la ganancia del monitor.** El principio es que a medida que atenuamos el medidor del promedio mientras vamos del K-20 al K-14, debemos también **bajar** la ganancia del monitor, para alcanzar el mismo volumen que el oído. Si la ganancia del monitor **no fuera atenuada,** entonces el material del K-14 que alcance 0 dB de media en su escala sonaría 6 dB **más alto** que el material K-20 llegando a 0 dB promedio en su escala.

Pico y Promedio calibrados al mismo valor de decibelios con onda sinusoidal

Las escalas pico y promedio se encuentran calibradas como AES-17, así que las secciones de pico y promedio se encuentran referenciadas al mismo valor de decibelios con una señal sinusoidal. En otras palabras, +20 dB RMS con onda sinusoidal da la misma lectura que +20 dB de pico, y esta paridad sería verdad solo con una onda sinusoidal. El nivel de voltaje analógico no está especificado en el K-System, solo el SPL y los valores digitales. No hay conflicto con los

* Inventé estos términos K-(N) porque estaba siendo muy incomodo describir el factor de cresta o volumen de una música de una manera simple pero útil.

puntos -18 dBFS de referencia analógica utilizados habitualmente en Europa.



Para salas de tamaño medio, la típica ganancia de monitor (posición de control) será 0 dB con el medidor K-20, -6 dB con el medidor K-14, y -8 dB con el medidor K-12. Una ganancia de monitor de 0 dB es el punto de calibración que corresponde al estándar RP 200 (veáse Capítulo 14)

VI. Técnicas de Producción con el K-System

Para utilizar este sistema, escoja primero uno de los tres medidores en los que se basa la aplicación deseada. El material de amplio rango dinámico requiere probablemente el K-20 y el material de rango medio del K-14. Después calibre la ganancia del monitor a RP 200 como en el Capítulo 14. 0 dB siempre representa el mismo SPL calibrado (83 dBC) en las tres escalas, unificando las prácticas de producción en todo el mundo. Si los diseñadores de consolas y de estaciones de trabajo estandarizan sobre el K-System, será más fácil para los ingenieros mover programas de estudio en estudio. La calidad del sonido mejorará unificando los pasos de la preproducción (grabación y mezclas), postproducción (masterización) y metadatos (autoría) con un lenguaje de "niveles" común. Anclando las operaciones a una referencia de monitor consistente, los operadores producirán una salida más consistente y todo el mundo reconocerá lo que quiere decir el monitor.

Si se está haciendo una grabación audiófila, entonces utilice el K-20, si está haciendo música pop o rock "típica", o audio para video, entonces probablemente escoja K-14. Será difícil para los actuales ingenieros de masterización de pop convertirse al K-14 o incluso al K-12 en algunos casos, porque mucha de la música pop dañada de hoy es considerablemente más caliente que incluso con el K-12 - pero debemos encontrar un modo de dar marcha atrás a la carrera del volumen. Idealmente, el K-12 debería reservarse estrictamente para el audio que va a ser dedicado a la transmisión, los ingenieros de grabación de radiodifusión y teledifusión pueden escoger el K-14 si creen que se ajusta a su material de programa. Los ingenieros de pop son animados a utilizar el K-20 cuando la música tenga un rango dinámico útil. Las dos escalas principales, K-20 y K-14 crearán un grupo cerca de dos posiciones de ganancia del monitor diferentes. La gente que escucha tanto música clásica como popular ya están habituados a mover sus ganancias de monitor unos 6 dB (en ocasiones de 8 hasta 12 dB con los CDs de pop más calientes). Resultará una alegría comprobar que solo dos posiciones del monitor satisfacen la mayor parte de las tareas de producción. Con cuidado, los productores pueden producir las diferencias de programa incluso más, ignorando el medidor durante la mayor parte, y trabajando únicamente con el monitor calibrado.

Utilizando la Zona Roja (*Fortissimo*) del Medidor. Esta región de 88-90 dB+ es utilizada en las películas para las explosiones y los efectos especiales. En la grabación de música, los grandes conjuntos sinfónicos grabados de manera natural (sin comprimir), alcanzan de +3 a +4 dB en la escala media de los pasajes más altos (*fortissimo*). La música rock y el pop eléctrico sacan partido de esta *zona alta*, ya que los clímax, coros altos y ocasionales momentos de pico, suenan incorrectos si solo alcanzan 0 dB (*forte*) en cualquier medidor del K-System. Utilice el rango *fortissimo ocasionalmente* de otro modo es musicalmente incorrecto (y estropea el

oído). Si los ingenieros se encuentran a si mismos utilizando la zona roja todo el tiempo, entonces o bien la ganancia del monitor no está adecuadamente calibrada, la música es extremadamente inusual (p. ej., *heavy metal*), o el ingeniero necesita más ganancia de monitor para correlacionarse con su sensibilidad personal. De otro modo la grabación terminará sobrecomprimida, con transitorios aplastados, y su volumen cociente no conforme con las directrices del K-System.

Los Contornos de Igual Volumen. Los ingenieros de masterización están más inclinados a trabajar con una ganancia de monitor constante. Pero los ingenieros de mezclas a menudo trabajan a un SPL más elevado, y varían su ganancia de monitor para comprobar las mezclas en diferentes SPLs. Recomiendo que los ingenieros de mezclas calibren sus atenuadores del monitor, para que pueda fácilmente volver al estándar recomendado para la mayoría de la mezcla. De otro modo es probable que la mezcla no se traduzca bien en otros locales, ya que los contornos de igual volumen indican un programa que será escaso en bajos cuando se reproduzca a un nivel más bajo (normal).

El Seguimiento de Pistas/las Mezclas/la Masterización. El K-System probablemente no se necesitará para multipistas - un simple medidor de pico es suficiente. Para una más elevada calidad del sonido, utilice el K-20 mientras mezcla y guarde el K-14 para la suite de masterización calibrada. Si mezcla a cinta analógica, se demuestra que el K-14 es más apropiado. El K-20 no evita que el ingeniero de mezclas utilice compresores durante la realización de las mezclas, pero espero que los ingenieros volverán a utilizar la compresión como un dispositivo estético en vez de intentar ganar la carrera del volumen.

Utilizar el K-20 durante las mezclas potencia unas mezclas de sonido limpio, que son ventajosas para el ingeniero de masterización. En este punto, el productor y el ingeniero de masterización deberían debatir si el programa deberia ser convertido a K-14 o permanecer en K-20. El *K-System puede convertirse en la lengua franca del intercambio en la industria, evitando el actual problema en el que diferentes ingenieros de mezclas trabajan en partes de un álbum con diferentes estándares de volumen y compresión.*

Cuando el K-System no se encuentra disponible. Las consolas de mezcla analógicas actuales, equipadas con vúmetros, son mucho menos problema que los modelos digitales únicamente con medidores de pico. Calibre la ganancia de mezcla A/D a -20 dBFS a o VU (onda sinusoidal), y mezcle normalmente con la consola analógica y los vúmetros. Sin embargo, las consolas de mezclas deberían ser retroajustadas con atenuadores del monitor calibrados, para que el ingeniero de mezclas pueda volver repetidamente a la misma configuración del monitor.

Adaptar el gran material para salas a un uso doméstico puede requerir un cambio de la ganancia del monitor y de la escala del medidor. Los productores pueden escoger comprimir el *master* original de 6 canales, o mejor, remezclar el programa completo desde las ramificaciones del multipistas (submezclas). Con cuidado, la mayoría de las virtudes e impacto de la producción original pueden ser mantenidas en casa. Incluso los audiófilos encontrarán un programa del K-14 bien masterizado, agradable y dinámico. Deberíamos intentar encajar estas mezclas de rango reducido en el DVD con las mezclas de rango amplio para sala de proyección.

Reducciones de Multicanal a Estéreo. El actual legado de altos CDs de pop crea un dilema porque los reproductores de DVD pueden también reproducir CDs. Los productores deberían intentar crear la mezcla 5.1 de un proyecto en el K-20. Si es posible, la versión estéreo debería ser también mezclada y

masterizada en el K-20. Mientras un CD K-20 no será tan alto (volumen absoluto), como muchos CDs de pop actuales, probablemente será más dinámico y disfrutable, y lo que es aún más importante, no habrá un salto serio de volumen comparados con los DVDs K-20 en el mismo reproductor. Si el productor insiste en un CD más caliente, trate de no hacerlo más alto que un K-14, para que no haya más que 6 dB de diferencia de volumen entre el DVD y el audio CD. Diga al productor que la inmensa mayoría de los CDs de pop de gran sonido han sido hechos con el K-14 y que el CD será consistente con todos, incluso si no es tan caliente como la actual moda hipercomprimida. El CD hipercomprimido es el que se encuentra fuera de lugar, no el del K-14.

Picos de Escala Completa y SNR. Como hemos debatido (Capítulos 5 y 14) no es necesario llevar el pico de una grabación de 24 bits hasta la escala completa. Otra buena razón, es que la tasa señal ruido de un programa es determinada por su volumen actual, la posición del control de nivel del monitor del oyente determina el volumen percibido del ruido del sistema. Si dos programas musicales similares alcanzan 0 en el medidor de promedio del K-System, incluso si uno lleva el pico hasta la escala completa y el otro no, ambos programas tendrán un similar SNR percibido. Utilice el medidor de cálculo de promedio y sus oídos como haría normalmente y con el K-20 incluso si los picos no llegan a la parte superior la mezcla es considerada normal e ideal para la masterización.

Salas de Control Multiuso. Con el K-System, las instalaciones de producción multiuso serán capaces de trabajar con producciones de amplio rango dinámico (música, videos/películas) un día, y mezclar música pop el siguiente. Una escala del medidor simultanea y un cambio de ganancia del monitor lleva a cabo el trabajo. Los operadores deberían ser entrenados para cambiar la ganancia del monitor según el K-estándar.

En la Lámina de Color **Figura C15-02** hay una foto de detalle del medidor del K-20/RMS, con los puntos de calibración. Los individuos que desean utilizar una ganancia de monitor diferente deberían meterlo en la caja de la cinta (archivo), y tratar de utilizar este punto de manera consistente. Incluso con ligeras desviaciones de la práctica recomendada el mundo de la música será mucho más consistente que el actual caos. Todo el mundo debería conocer la ganancia de monitor que les gustaría utilizar.

En la Lámina de Color **Figura C15-03** hay una foto de un medidor real K-14/RMS que funciona en el estudio Digital Domain, tal y como ha sido implementado por los laboratorios Metric Halo en el programa SpectraFoo™ para el ordenador Macintosh. Las versiones 3f17 y superior de SpectraFoo incluyen completo soporte del K-System y un generador RMS de ruido rosa calibrado. En PC, Pinguin ha implementado medidores que se ajustan exactamente con el K-System. Los medidores Dorrough y DK casi cumplen con las directrices del K-System, pero estoy seguro de utilizar un medidor RMS externo para la calibración, ya que utilizan un cálculo de promedio diferente. En la práctica con el material programa, la diferencia entre RMS y otros métodos de cálculo del promedio del medidor es imperceptible. Espero que pronto una compañía implemente el K-System con una característica de volumen más fiel.

Duplicación de Casetes de Audio. La duplicación de casetes se ha practicado más como un arte que una ciencia, pero debería ser posible hacerlo mejor. El K-System puede finalmente colocarnos a todos en la misma página, irónicamente justo a tiempo para la obsolescencia del casete. Ha sido difícil para los ingenieros de masterización comunicarse con los duplicadores de casete, encontrar un nivel de referencia que todos podamos comprender. La cinta de casete utilizada más comúnmente no puede tolerar

niveles medios mayores que +3 por encima de 185 nW/m (especialmente en las bajas frecuencias) y los picos de alta frecuencia mayores que unos +5-6 son forzosamente distorsionados y/o atenuados. El mostrar el factor de cresta facilita la identificación de problemas potenciales, también un ingeniero puede aplicar preénfasis de casete de alta frecuencia al medidor. Un ingeniero puede hacer un buen *master* de casete utilizando un filtro de "predistorsión" con una suave compresión de alta frecuencia y ecualización. Utilice el K-14 o el K-20, y ponga un tono de prueba en la referencia o del K-System en el *master* digital. Los picos no deberían alcanzar la escala completa o sino el casete distorsionará. El volumen aparente será menor que el K estándar, pero este es un caso especial.

Música clásica. El dilema es que los cuartetos de cuerda y la música del Renacimiento, entre otras formas, tienen bajos factores de cresta así como un volumen natural bajo. En consecuencia, el cuarteto de cuerda sonará (de manera antinatural) mucho más alto que la sinfonía si a ambos se les lleva el pico a la escala digital completa. Por ejemplo, los productores especializados en música clásica han evitado masterizar sus grabaciones de clavicordio a la escala completa, o sino sonarían altas de manera antinatural a ganancias de monitor estándar. Es duro quitarse el hábito de llevar el pico de nuestras grabaciones hasta el nivel permisible más alto. Creo firmemente que es mucho mejor para el consumidor tener una ganancia de monitor consistente, que llevar el pico de cada grabación hasta la escala digital completa. Los oyentes atentos prefieren escuchar a (o casi) la presión natural del sonido del conjunto clásico original.[4]

Los ingenieros de música clásica deberían mezclar por el monitor calibrado, y utilizar la sección media del medidor K solo como una guía. Es mejor ajustar el monitor a la posición de o dB y siempre utilizar el medidor del K-20 incluso si el medidor de pico no alcanza la escala completa. Habrá menos caos en la monitorización y más oyentes satisfechos. Sin embargo, algunos productores de música clásica están preocupados por la pérdida de resolución del medio de 16 bits y pueden desear llevar el pico de todas las grabaciones a la escala completa. Espero que todos reconsideren este pensamiento cuando el medio de 24 bits llegue al consumidor. Hasta entonces el caos permanecerá en el campo de la música clásica y quizás solo los metadatos organizarán la situación de la música clásica en el extremo del usuario.

Música Pop de Estrecho Rango Dinámico. Podemos evitar una nueva carrera del volumen y la consecuente reducción de calidad si nos unimos detrás del K-System antes de empezar de nuevo con los medios de audio de alta resolución como el DVD-A y el SACD. De manera similar al ejemplo superior de la música clásica, la música pop con un factor de cresta mucho menor que 14 dB no debería ser masterizado para llevar el pico hasta la escala completa, ya que sonará demasiado alto.

Recomendaciones:
1) Escriba metadatos para beneficiar a los consumidores que utilizan equipos que soportan metadatos
2) Si es posible, masterice estos discos con el K-14 o incluso el K-20.
3) En la música heredada, los *remasters* desde material de CD a menudo sobre comprimido deberían ser reexaminados por su volumen. Si es posible, reduzca la ganancia durante la remasterización para que el nivel medio caiga dentro de las directrices del K-14. Incluso mejor, remasterice la música desde mezclas sin comprimir para deshacer parte del daño innecesario incurrido por la carrera del

volumen. Algunos ingenieros de masterización han hecho ya archivos sin un procesamiento severo.

Multicanal

Hay buenas noticias para la calidad del audio: el sonido envolvente 5.1. Las actuales mezclas 5.1 de música popular suenan abiertas, claras, bellas, aunque también impactantes. Seis altavoces proporcionan mucho más techo dinámico y salida de sonido que dos, así que si usted trabaja por la ganancia del monitor, los niveles del medidor de canal tenderán a funcionar un poquito más bajos. Lo que resulta claro mientras se observa el medidor del K-20 es que los mejores ingenieros están utilizando la capacidad de pico del sistema 5.1 estrictamente para el techo dinámico, el modo en el que debería ser. El siseo del sistema no es evidente a una posición de monitores de 0 dB con una grabación de longitud de palabra larga, buenos conversores D/A, preamplificadores modernos y amplificadores de potencia.

Etiquetando Las Cajas

Como el K-System es extensible para los futuros métodos de medición del volumen, los productores de programa deben marcar sus cajas de cinta o archivos digitales con una indicación del medidor K-System y la calibración del monitor utilizados. Por ejemplo, *K-14/RMS*, o *K-20/Zwicker*. Espero que estas etiquetas algún día resulten tan comunes como los listados de nanowebers por metro y los tonos de prueba para las cintas analógicas.

VII. Los metadatos y el K-System

Los medatados son *datos dentro de datos*, esto es, datos de control embebidos en el flujo del audio digital. Dolby Digital, MPEG2, AAC, y esperemos MPL sacarán partido de las palabras de control de los metadatos (definidos abajo), fíjese que el estándar PCM tal y como se utiliza en el disco compacto no tiene previsiones para metadatos, y por lo que yo sé, tampoco lo tienen el SACD. La preproducción con el K-System acelerará la escritura de metadatos para medios de retransmisión y digitales. Los productores musicales deben familiarizarse con como los metadatos afectan la experiencia de escucha.

Las Palabras de Control de los Metadatos

Dialnorm, normalización del diálogo, también conocido como normalización del volumen, es utilizado en la televisión digital y en la radio como un "manejador de ganancia universal". El nivel del programa se controla en el decodificador, produciendo un nivel consistente de sonoridad de programa a programa, con la cantidad de atenuación calculada individualmente para cada programa y transportada como un comando en la palabra de metadatos. En cada cambio de programa el receptor decodifica la palabra de control del *dialnorm* y atenúa el nivel la cantidad calculada, dando lugar al efecto de "radio de cocina". De una manera un tanto antinatural, como en la radio, los niveles medios de las retransmisiones deportivas, el rock and roll, los telediarios, los anuncios, los dramas silenciosos, los culebrones, y la música clásica todos terminan al volumen del diálogo, un efecto bastante extraño, pero no diferente desde el punto de vista del volumen que la radio estándar de hoy. El oyente puede subir su receptor y experimentar el volumen intencionado - sin la modulación del ruido y aplastamiento de las técnicas actuales de transmisión analógica. O, puede escoger quitar el *dialnorm* en algunos receptores y escuchar una diferencia de volumen de programa a programa.

Dialnorm es un simple cambio de ganancia, sin compresión, y mantiene el factor de cresta y el rango dinámico de las mezclas de estudio. Por ejemplo, en los espectáculos de variedades, el grupo musical sonará

agradablemente más alto que el presentador. Las multitudes del deporte serán emocionantemente altas, y el anunciante ya no "pisará" los efectos, porque el compresor de bus desaparecerá de la cadena de retransmisión.

Mixlev. *Dialnorm* no reproduce el rango dinámico de la vida real de programa a programa. Aquí es de donde la palabra de control opcional *mixlev* (nivel de las mezclas) entra en escena. La palabra de control *dialnorm* está diseñada para los oyentes casuales y *mixlev* para audiófilos o productores. Muy simplemente, *mixlev* ajusta la ganancia del monitor del oyente para reproducir el SPL utilizado por el productor de la música original. Si el K-System se utilizó para producir el programa, entonces el material del K-14 requerirá una reducción en la ganancia del monitor de 6 dB comparado con el K-20, etc. Los oyentes atentos que utilizan *mixlev* ya no tendrán que ajustar más las ganancias del monitor para diferentes tipos de música.

La utilización del *dialnorm* y el *mixlev* puede ser ampliada a otros medios codificados como el DVD-A. La apropiada aplicación de los metadatos y el K-System para la práctica de la preproducción - resultará en una experiencia musical mucho más disfrutable que lo que hemos tenido al final del siglo XX del audio.

En Resumen

Los diseñadores del disco compacto nunca anticiparon que un sistema de grabación completamente digital produciría una alarmante carrera del volumen y música seriamente distorsionada, mucho peor de lo que nunca tuvo lugar en los días del LP. Propongo un nuevo sistema con un lenguaje común, que integre la monitorización y la medición del volumen para producir *masters* más consistentes, y mover la práctica del audio hacia el siglo XXI. Enseñe a todo el mundo como - la piedra Rosetta se encuentra en este capítulo.

---

1 Irónicamente, las prácticas de compresión actuales (especialmente en la música pop) son mucho más agresivas de lo necesario, ¡incluso más fuertes que nuestro enfoque al más ruidoso medio analógico del pasado! Los CDs pueden y deberían ser producidos con la misma calidad estándar de audio que los DVD, pero estaría satisfecho con las prácticas de ajuste de niveles que producían buenos LPs.

2 Veo una interesante analogía de la carrera del volumen y la migración del tono desde el siglo XVI. La música parece estar compitiendo para ser un poquito más sostenida que la generación anterior, así que un La tocado en un instrumento afinado según los estándares anteriores, es ahora el Sol o Sol sostenido de hoy, así que en última instancia se convierte en un problema de transposición. Desgraciadamente, los sistemas de audio no pueden acomodarse a un aumento infinito del volumen. Debemos voluntariamente "transportarnos" hacia atrás o volvernos sordos.

3 Esto es lo que el DVD y el DVD-A declaran ser, único medio de audio para todas las necesidades, ya que la radio de mesa o de coche contiene compresión incorporada, siguiendo los coeficientes de metadatos establecidos por el productor del programa. Volvamos a quedar dentro de 20 años y veamos si se ha cumplido con esta promesa.

4 El último Gabe Wiener producía grabaciones clásicas anotando en las notas en las *liner notes* el SPL de un corto pasaje. Él animaba a los oyentes a ajustar las ganancias de sus monitores para reproducir el SPL "natural" que llegaba al micrófono. Yo solía adelantarme a Wiener ajustando primero la ganancia del monitor a oído, y después comparándolo con los números de Wiener. Cada vez comprobaba que la ganancia de mi monitor se encontraba a 1 dB de la recomendación de Wiener. Por lo tanto, se demostraba que un SPL natural es deseable para los oyentes atentos, en primer plano.

5 Una de mis primeras lecciones sobre la inexactitud del vúmetro fue en 1972, cuando oí a William Pierce, voz de la Boston Symphony, claramente y perfectamente en la ruidosa sala de control del canal 24, aunque él apenas movía la aguja. El operador cualificado debería utilizar sus oídos y aprender a interpretar este instrumento.

Capitulo 16

El Procesamiento Analógico y Digital

El ingeniero de masterización debería reconocer cuando una grabación es tan buena que se sirve mejor a los intereses del cliente simplemente dejándolo estar. Y hay grabaciones en las que es necesario tan poco trabajo que las ganancias por el procesamiento ¡no justifican las pérdidas producidas por el mismo procesamiento! Ya que aunque los equipos están mejorando, no existe un procesador de audio transparente. Este capítulo trata sobre como medimos e interpretamos el rendimiento, ya que hay una interacción entre la degradación objetiva y la mejora subjetiva. Demos un viaje por el mundo nebuloso entre lo objetivo y lo subjetivo.

1. 1. Las Ironías de la Percepción frente a la Medición

Aunque utilizaremos pruebas de medida, debemos recordar que cada medida en solitario solo proporciona una pequeña parte de la imagen. Un procesador de audio es como un objeto dentro de una casa sin puertas, solo un número de pequeñas ventanas a través de las que puede mirar. Mirando al objeto a través del ángulo único de cada ventana podemos averiguar más, y dar sentido a las claves, pero nunca podemos estar totalmente seguros de lo que estamos viendo, y siempre debemos dejar abierta la posibilidad de que haya algún aspecto que no veamos, algún misterio por el que ese ecualizador suena "bien" y ese otro suena "mal".

Por ejemplo, ¡aquí va un par de medidas "objetivas" que no tienen sentido!

¿Qué es lo que Hace que Suene Brillante?

He descubierto un filtro digital que mide de un modo "apagado" pero ¡que suena brillante! El sistema TC Electronics System 6000 permite al usuario escoger entre diferentes filtros de paso bajo para los convertidores A/D y D/A. Algunos de los filtros reducen de

manera importante por encima de 16 kHz (a un muestreo de 44,1 kHz), así que usted pensaría que suenan apagados. Pero en vez de ello, para mis oídos, los filtros de 16 kHz denominados *Natural* y *Lineal* suenan más *abiertos* y *claros* que el filtro de 20 kHz denominado *Clásico*. Sin embargo, existen otros convertidores cuyos filtros se extienden hasta 20 kHz y que suenan incluso más abiertos que el filtro Lineal del TC. Así que el ancho de banda medido no puede contar la historia psicoacústica completa. Estudiaremos los efectos audibles del filtrado en el Capítulo 18.

La Falacia de las Curvas de Ponderación Típicas

Tenemos equipos en nuestro estudio cuyo ruido base da una medición tan baja como -120 dBFS hasta tan alta como -50 dBFS (después de la conversión A/D). Sin embargo, mucho de este equipo es perceptualmente silencioso: si tengo que colocar mi oído en el altavoz para escuchar el siseo, entonces lo considero insignificante. De manera interesante, los métodos de ponderación[1] por los que los fabricantes de los convertidores miden habitualmente el sonido tienen poca relación con la percepción humana. Un convertidor particular cuando su ruido base A-ponderado es -108 dBFS, suena mucho más silencioso que otro convertidor ¡cuyo ruido base A-ponderado es -115 dBFS! La razón es que la a menudo citada curva de ponderación A no considera adecuadamente la mayor sensibilidad del oído en las bandas críticas. Resulta que el convertidor que mide mejor (A-Ponderado) produce de manera significativa más energía cerca de los 3 kHz, donde el oído es más sensible, y el filtro de ponderación A no tiene en cuenta la importancia de esta banda crítica. Para ser exacto desde el punto de vista psicoacústico, los estándares de medición de ruido deberían adoptar una curva más cercana al medido ruido base del oído humano, como la curva de noveno orden utilizada por algunos de los tramados de mejor sonido (véase Capítulo 4). Esta curva es denominada de ponderación "F".[2]

> *"Nunca dé la espalda a lo digital."*
> —Bob Ludwig.

Existen muchas otras áreas en las que las mediciones tradicionales no se correlacionan con lo que nuestros oídos nos dicen, particularmente en la evaluación de los sistemas de codificación de tasa baja de bits. Estos sistemas miden bastante bien con técnicas estándar, pero una vez que el oído ha sido entrenado para escuchar estos errores, podemos fácilmente identificar artefactos que no habíamos oído antes con la tecnología analógica: descritos por algunos como *chirridos*, o *monos del espacio*. Veamos si podemos averiguar de manera objetiva porque algunos procesadores analógicos o digitales suenan mejor que otros. Simplemente recuerde que las mediciones miran a un objeto desde unas ventanas estrechas, y puede haber una diferente, o mejor explicación de la calidad del sonido de la que hemos propuesto.

II. Herramientas de Medición que Podemos Utilizar Durante la Masterización

Mediciones FFT

FFT quiere decir Transformada Rápida de Fourier (*Fast Fourier Transform*). Para aprender de verdad como interpretar (y no malinterpretar) un FFT, requiere un curso de ingeniería de nivel universitario, y aunque no puedo declarar ser un experto, ¡he aprendido lo suficiente para ser peligroso! Los analizadores FFT de alta resolución como SpectraFoo™, tienen un precio muy razonable, gracias al aumento exponencial de la potencia de las CPU y proporcionan un *sistema de alerta*

temprana esencial, una protección de las vicisitudes (*bugs*) del audio digital. *Nunca dé la espalda al audio digital,* dice Bob Ludwig, o como yo digo, *¡está a tan solo un clic de ratón del desastre!* Es un completo nuevo mundo basado en *software* diseñado por seres humanos falibles.

FFT para la Música

La **Figura C16-01** de la sección de Láminas de Color muestra a SpectraFoo en acción durante una sesión de masterización de un CD.

En la mitad superior hay un *bitscope,* actualmente mostrando 16 (y solo 16) bits activos, una indicación de que el generador de tramado está probablemente haciendo su trabajo. Este *bitscope* puede revelar si algún dispositivo digital no está funcionando bien, ya que uno de los síntomas de un procesador disfuncional es que conmuta bits no deseados, o mantienen algunos bits fijos cuando no existe señal. Los *bitscopes* pueden también mostrar si existe algún truncamiento no deseado, provocado por procesadores defectuosos o mal utilizados. Sin embargo, el *bitscope* es solo una de las pequeñas ventanas por las que podemos mirar a través, puede fácilmente dejar pasar problemas, o parece indicar problemas que requieren una mayor interpretación. Por ejemplo, algunos ecualizadores producen ruido de reposo cuando la música va al silencio. Esto puede ser perfectamente normal, pero se mostrará en el *bitscope* como actividad. Conmutar el ecualizador mientras se observa el *bitscope* determinará si ésta es la fuente del problema, o alguna otra o alguna otra anomalía en la cadena de la señal.

Arriba a la izquierda hay un indicador de la posición estéreo que se encuentra congelado en el momento en el que la información está ligeramente movida hacia la derecha. A la izquierda hay un medidor que se ajusta al estándar del K-14 (véase Capítulo 15). El medidor muestra el momento más caliente de una pieza de R&B bastante caliente (que yo hubiera preferido reducir, ¡pero el cliente lo deseaba así de caliente!). Para el disco, este material fue monitorizado a -8 dB, lo que realmente lo hace material K-12. Justo por debajo del *bitscope* hay un indicador de correlación, que revela que el material es significativamente monofónico. Prefiero un indicador de correlación a un osciloscopio, las desviaciones del medidor más cercanas al centro de la escala indican una menor correlación de canal a canal y probablemente una mayor o más espaciosa imagen estéreo. Sin embargo, siempre utilizo mis oídos para confirmar que la imagen no es demasiado "vaga" y realizo una prueba mono (*folddown*) para asegurarme que el sonido es compatible con mono.

En mitad de la pantalla se encuentra el espectagrama mostrando la intensidad del espectro a lo largo del tiempo. Esto puede ser útil para identificar las frecuencias de las notas problemáticas, ¡o simplemente entretener a los visitantes! En la zona inferior está el gráfico del espectro, cuya forma generalmente reducida da una vaga idea del timbre del programa (aunque la mayoría de las veces hago caso omiso de las representaciones del espectro, ya que la atractiva representación visual distrae a nuestros sentidos del oído).

La **Figura C16-02** de las Láminas de Color muestra SpectraFoo durante una pausa en la música con únicamente los 4 bits inferiores haciendo *flip flop,* confirmando que el tramado está trabajando correctamente, ya que los tramados que utilizan una fuerte conformación del ruido, trabajan varios bits. Fíjese que el *bitscope* muestra 4 bits haciendo *flip flop* (como el tramado es aleatorio, en esta instantánea, el bit 15 está a cero), y que el gráfico del espectro muestra la curva del ruido del tramado, que puede ser identificado por su forma como POW-R tipo 3 o una curva de noveno

orden similar. Utilizando este analizador, puede a menudo determinar el tipo de tramado utilizado por el ingeniero de masterización en los CDs grabados.

Los medidores de nivel no habían decaído completamente cuando se tomó la foto. El medidor de correlación fluctúa muy ligeramente cerca del centro del medidor, mostrando que el tramado no se encuentra correlacionado entre los canales (fase aleatoria). Siempre echo un vistazo a esta pantalla al principio y al final del programa, para asegurarme que no se hayan deslizado *bugs* o errores de interconexión. ¡Llevo un paraguas SpectraFoo incluso si no está lloviendo!

II. Herramientas de Medición para Analizar su Equipo

Expliquemos lo que ocurre por debajo de los mandos. Como en geometría la distancia más corta entre dos puntos es una línea recta, así que del mismo modo en el audio - tanto digital como analógico - la ruta de la señal más limpia contiene los menos componentes. El convertidor solía ser la pieza que más degradaba en el estudio, pero aunque han mejorado mucho en los últimos años, deberíamos todavía evitar una conversión extra cuando sea posible. Para cintas analógicas, es mejor hacer todo el procesamiento analógico en el camino a la primera y única conversión A/D. Pero estos días las mezclas a menudo son en cinta digital, y como existen un montón de apetecibles procesadores analógicos que el ingeniero de masterización podría preferir, porque suenan más *orgánicos* que sus equivalentes digitales, los beneficios tonales del procesamiento analógico pueden superar a la pérdida de transparencia de una conversión extra.* La mejor defensa es un buen ataque, y es posible medir de manera fiable la señal por debajo del ruido con un analizador FFT. Un FFT puede confirmar si un procesador digital no se encuentra verdaderamente evitado cuando dice *bypass*, lo que puede ser bastante perjudicial (véase Capítulo 4). La distorsión (véase Capítulo 19) es irrelevante para los analizadores FFT, que miran estrictamente a los datos.

Aunque el analizador puede solo examinar 24 bits (la limitación de la interfaz AES/EBU), ¡puede medir la distorsión 40 dB por debajo del ruido base de 24 bits! Esto es porque SpectraFoo es un sistema de 64 bits de punto flotante. Así que podemos comparar la distorsión de procesadores que truncan a 24 bits, contra otros que utilizan 48 bits o más internamente y después traman hasta 24 bits. Si podemos oír estas diferencias es una cuestión diferente. El psicoacústico J. Robert Stuart ha demostrado que podemos escuchar un truncamiento de 24 bits en un sistema de 18 bits. El rango dinámico del oído es aproximadamente 20 bits (120 dB), pero esto varía con la frecuencia. ¡A ciertas frecuencias podemos incluso escuchar por debajo de 0 dB SPL!

¿Cuántos Bits son Demasiados?

En la lámina de color **Figura C16-03,** comparamos ruido de tramado uniforme de 16, 20, y 24 bits.[3] Los niveles de todos los "cajones" suman, así que a 16 bits, la curva que se le parece sigue a aproximadamente -124 dBFS (nivel de los cajones individuales) en total a un nivel RMS de unos -91,2 dBFS RMS, el límite teórico de un sistema adecuadamente tramado de 16 bits. Pero las señales discretas de algunas frecuencias pueden ser escuchadas tan bajo como -115 dBFS en un sistema adecuadamente tramado de 16 bits, por debajo del cual son enterrados en el sonido. Psicoacústicamente, para la amplia mayoría de música popular y clásica, 16 bits adecuadamente hechos son suficientes para hacer bien el trabajo. Pero tan pronto como postproducimos, copiamos, procesamos y cambiamos la ganancia, acumulamos ruido y

* Y las pérdidas pueden ser minimizadas utilizando el sobremuestreo (véase Capítulo 1).

† Esta es una palabra inventada, ¡no un término oficial!

necesitamos techo dinámico profesional o quizás deberíamos llamarlo *pie dinámico*†, ya que la parte superior, a 0 dBFS, es una constante.

Los psicoacústicos que estudian los límites el oído humano han determinado que 20 bits es suficiente para una buena representación A/D y D/A. Algo más es simplemente salsa de carne, y es muy raro encontrar un convertidor de "24 bits" con un nivel de ruido mejor que 18-20 bits. Para el procesamiento, sin embargo, necesitamos el *pie dinámico* adicional, mejor que 24 bits, porque el contenido de frecuencia de la distorsión digital es mucho más molesto al oído que distorsiones analógicas que son mucho más altas. **Esto es porque la distorsión creada durante el procesamiento digital produce componentes armónicos que se pelean con la tasa de muestreo, lo que produce un compás inarmónico disonante o productos de la intermodulación.** Para un procesamiento purista, podemos necesitar tanto como 48 a 72 bits, especialmente para extremos cambios de ganancia, filtrado complejo, compresión, o para evitar distorsión acumulativa cuando se encadenan procesos. Es un mito que no existe pérdida de la calidad de la señal en el procesamiento digital, **poco a poco, bit a bit precioso, el sonido sufre con cada operación DSP.**

La **Figura C16-04** en las láminas de color muestran el ruido base de tramado popular llamado POW-R tipo 3 a 16 bits (señal roja). Para referencia, mostramos el ruido de un tramado uniforme de 20 bits (en naranja), y un tramado de 24 bits (en verde). La forma de la POW-R está diseñada para maximizar el rendimiento manteniendo el ruido en o cerca de la sensibilidad a los bajos niveles del oído en varias frecuencias. El tramado POW-R alcanza un rendimiento de 20 bits en el rango medio superior crítico (cerca de 3,5 kHz) donde el oído es más sensible. Por lo tanto, mucho del bajo nivel ambiente y la reverberación que hubiera sido enmascarado es revelado, incluso con una reproducción de 16 bits. Este rendimiento puede solo ser obtenido grabando, para empezar, a una mayor longitud de palabra, ya que el ruido se acumula y el NSR empeora ligeramente cuando se añade tramado final a la fuente procesada.

Procesamiento Analógico Frente a Digital

Barato Frente a Bueno... ¿Es Esto de Verdad Exacto?

Mucha gente ha sostenido que la razón por la que notamos aspereza en algunas grabaciones digitales es que la grabación de audio digital es más *exacta* que la analógica. Su afirmación es que la exactitud de la grabación digital revela la aspereza de nuestras fuentes, ya que la grabación digital no comprime (suaviza) las altas frecuencias como lo hace la cinta analógica de baja velocidad (15 IPS). La *exactitud*, dicen, es la razón por la que hemos retrocedido a los micrófonos de tubo y clásicos. Pero yo digo que esto es solo una verdad a medias, ya que la mayoría de estos argumentos vienen de individuos que no han sido expuestos al sonido de los buenos equipos de grabación digital, que no es solo exacto, sino que puede incluso ser *cálido y bonito.* Los equipos digitales baratos están sujetos a una distorsión de sonido crispado que puede ser causada por filtros demasiado afilados, bajas tasas de muestreo, pobre conversión tecnológica, baja resolución (longitud corta de palabra), pobres etapas analógicas, distorsión, tramado inadecuado, fugas de reloj en las etapas analógicas debido a un mal diseño de la tarjeta de circuitos y muchos otros, como colocar convertidores A/D y D/A sensibles dentro del mismo chasis con motores y cabezas giratorias. Hacer un grabador de cinta digital integrado, que suene bien, supone tener una fuente de alimentación y un diseño de carcasa de primera, compare el sonido de un multipistas digital modular económico (MDM) con el

MITO:
Es un procesador digital, así que no hay pérdida de la calidad de la señal.

MITO:
Es una Consola Digital. ¡Debe ser mejor que mi viejo modelo analógico!

grabador Nagra Digital - un 4 pistas muy caro frente a un 8 pistas barato.

En lo que respecta al procesamiento, la precisión numérica es también cara aunque es todo *software*. La imprecisión numérica de las consolas digitales produce problemas de alguna manera como el ruido en las consolas analógicas, pero hay una diferencia importante: el ruido en las consolas analógicas gradualmente y suavemente oscurece el ambiente y el material de niveles bajos y usualmente no añade distorsión a los niveles bajos. Sin embargo, las imprecisiones numéricas en las consolas digitales provocan errores de cuantización (que se incrementan en los bajos niveles) destruyendo el cuerpo y la pureza de unas mezclas completas, creando un sonido más crispado, más frío, que los audiófilos denominan **digititis.** Como las consolas digitales no hacen más cálido al sonido, según la calidad de su procesamiento digital - y el número de pases a través de esta circuitería - puede ser mejor mezclar a través de una consola analógica de alta calidad.

Aunque el buen equipamiento digital se está abaratando a una tasa exponencial, es todavía caro producir la excelencia en las grabaciones digitales. Este es el porqué de que la cinta analógica y las mezclas analógicas permanecen muy vivas en este punto del siglo XXI.

> *"El procesamiento de audio es el arte de equilibrar la mejora subjetiva con la degradación objetiva."*
>
> —Bob Olhsson.

Dos Ecualizadores Excelentes, Uno Analógico, Uno Digital

En mi opinión gran parte de los equipos económicos de tubo son demasiado cálidos, ruidosos, poco claros y poco definidos, y el uso habitual de equipos analógicos "borrosos" para encubrir los problemas de los equipos digitales económicos es una tirita, no una cura para la pérdida de resolución. Pocas personas han sido expuestas a los recientes equipos de tubo de calidad audiófila, y solo los equipos de tubo mejor diseñados tienen un sonido claro, silencioso, apretado (un bajo definido), y son transparentes y con dimensión, aunque todavía cálidos. Los audiófilos sienten que un circuito de tubo bien diseñado, puede ser más lineal y resolutivo[4] que un circuito de estado sólido de bajo coste. Ciertamente siento que oigo más a través de unos amplificadores que de otros. Los diseñadores de tubo actuales, a menudo realizan un innovador uso de las fuentes de alimentación reguladas de bajo ruido, sobre los filamentos y los cátodos, una práctica que era poco factible en los años 50.

La **Figura C16-05** de la sección de las Láminas de Color muestra la baja distorsión y representación del ruido de un popular ecualizador analógico de tubo de vanguardia bien diseñado, el **Millennia NSEQ-2** (señal roja). Como referencia, el ruido de 20 y 24 bits se muestra en azul y en verde, respectivamente. Fíjese que el ruido de tubo del NSEQ es unos 10 dB mayor que el de 20 bits, haciéndolo un *virtual ecualizador analógico de 18 bits.* Sin embargo, esta representación depende de la estructura de ganancia analógica utilizada. Si lleva el ecualizador más allá, su ruido de base será más reducido comparado con la señal máxima, y la distorsión podría o no ser un problema. Como el nivel de recorte del Millennia se encuentra alrededor de +37 dBu, puede ser perfectamente legítimo llevarlo con los niveles nominales de +10 dBu o incluso más alto, ¡siempre que el equipo fuente no se sobrecargue! Aunque incluso

con niveles nominales de 0 dBu como los utilizados para esta gráfica, este ecualizador de tubo es extremadamente silencioso. Su ruido es inaudible a cualquier ganancia de monitor razonable, a menos que coloque sus oídos pegados al altavoz, lo que prueba que el ruido base es probablemente el menor de nuestros problemas. La cinta analógica de 2 pistas de 1/2 pulgada 30 IPS tiene un ruido incluso mayor, pero nadie se queja de ello en la música popular.

Para este FFT, configuramos un convertidor D/A, conectando el NSEQ y después un A/D y el FFT. Una onda sinusoidal digitalmente generada de 1 kHz a -6 dBFS con tramado de 24 bits alimenta el D/A. Ajustamos la ganancia del convertidor para que 0 dBFS sea +18 dBu, e incrementamos el ecualizador unos 6 dB, hasta justo por debajo el recorte del A/D. El ecualizador avanza sin esfuerzo a este nivel, ¡aunque está unos 19 dB por debajo de su nivel de recorte! Si está buscando efectos "de tubo" extremos, puede llevar el ecualizador incluso más allá, y realizar también una SNR mayor, con tal de que los convertidores puedan manejar este nivel más caliente, ciertamente el ecualizador puede.

Fíjese que la distorsión del ecualizador está dominada por armónicos segundos, terceros y cuartos, que tienden a *dulcificar* el sonido. En comparación, en amarillo se encuentra la representación del soberbio ecualizador digital del **Z-Systems,** tramada a 24 bits, incrementando 1 kHz 5,8 dB con un Q de 0,7. Su representación de la distorsión armónica es de manual (no hay armónicos visibles en el FFT). Algunos ingenieros utilizan la palabra "seco" para describir el sonido de un componente que tiene poca o ninguna distorsión. Mirando a través de otras "ventanas" encontramos que los armónicos son lejos de ser las únicas diferencias sónicas entre estas piezas de equipamiento. Los tubos, las fuentes de alimentación y los transformadores pueden *aflojar* el bajo, lo que puede en ocasiones ser deseable, el ecualizador digital mantiene la tensión del bajo,* las curvas del ecualizador digital y el analógico son también diferentes, aunque el ZQ-2 hace un buen trabajo simulando las formas de los suaves filtros analógicos. La forma de la curva y el desplazamiento de fase del ecualizador probablemente componen las otras áreas de delicadas diferencias sónicas entre modelos de ecualizadores.

El precio más elevado de tanto el ZQ-2 y el NSQ refuerza mi opinión de que la grabación analógica o digital de alta calidad es cara. En el momento de escribir esto, todavía faltarán unos cuantos años, para que haya la suficiente potencia en un típico *plug-in* de ordenador para estar a la altura de los mejores procesadores periféricos.

Los Procesadores Digitales "Feos"

La distorsión de truncamiento puede ser bastante "fea". Por ejemplo, en la **Figura C16-06** de la sección de Láminas de Color, comparamos el analógico Millennia NSEQ (señal naranja) con el digital Z-Systems ajustado para truncar a 20 bits, sin tramado (señal negra).

¡No intente hacer esto en casa! Creo que hay mejores maneras de añadir *grunge* que desconectar el tramado. Gran parte del ambiente, espacio, y calidez de la fuente original ha sido truncada, perdida para siempre, convertida en *grunge* de bajo nivel (grave distorsión inarmónica y ruido). Incluso una pequeña cantidad de distorsión no armónica puede ser molesta. ¿Qué suena mejor, un procesador analógico con un ruido de base suave pero más elevado con una distorsión de segundo y tercer armónico, o un procesador digital sin tramado con un ruido de base medio inferior con distorsión inarmónica?

* Aunque los ecualizadores digitales no suavizan el bajo como otras unidades de tubo, puede desear "aflojar" el bajo con compresión o alguna otra herramienta.

Los compresores digitales pobremente implementados producen una fuerte distorsión inarmónica, que no tiene relación de número entero con las frecuencias fundamentales. En la **Figura C16-07** de las Láminas de Color se comparan dos compresores digitales, ambos dentro de 5 dB de compresión con una señal de 10 kHz.

En naranja hay un compresor de precisión simple, no sobre muestreado, y en negro un compresor de doble muestreo implementado en 40 bits de punto flotante. Fíjese que el compresor de precisión única produce muchas frecuencias fantasmas no armónicas de la señal de 10 kHz, especialmente en la banda media crítica. Los compresores de primera generación de sonido feo son todavía comunes en las consolas digitales de bajo coste y en los *plug-ins* para *DAW*. El doble muestreo conlleva mucha potencia de procesamiento. Estoy convencido que la proliferación y la mala utilización del procesamiento digital barato ha degradado la calidad del sonido de mucha música grabada recientemente.

¿La Magia de lo Analógico?

Las mediciones de distorsión estática no explican todas las razones de porque algunos compresores suenan de manera *excelente* y otros dañan sus oídos. Existen procesadores analógicos que son tan *mágicos* que aunque no son transparentes, añaden un interesante y excitante carácter sónico a la música, o para explicarlo de otra manera, *su cura subjetiva es mejor que su enfermedad objetiva.* La grabación de cinta analógica es un ejemplo perfecto de este tipo de proceso, medido objetivamente es ruidoso y distorsionado, pero subjetivamente ¡puede darle una patada en el culo! Si la investigación psicoacústica hubiera avanzado un poquito más en los efectos audibles del enmascaramiento de la distorsión y el ruido, entonces quizás no hubiéramos seguido adelante con esta cara búsqueda de los extremos de 144 dB. Por ejemplo, el ruido base del sistema Sony-Philips DSD no es particularmente especial (unos 120 dB en la banda audible), pero suena excelente, indicando que un ruido bajo no debería ser nuestra única meta. Podemos incluso concluir que parte del buen sonido se debe al enmascaramiento, quizás -120 dB es suficiente para cubrir las partes desagradables de la distorsión de incluso alguno de nuestros mejores equipos analógicos y digitales. Además, los medios de grabación libres de ruido pueden tener un sonido muy *estéril*, porque todos las liendres y los chasquidos y distorsiones provocadas por los músicos y sus amplificadores son completamente revelados por el silencioso medio. Así que a veces, añadir ruido extra puede ser más beneficioso para la música que trabajar sin ruido. Quizás una de las muchas razones por las que la cinta analógica suena más *musical* para muchas personas... El ruido puede ser muy eufónico. Deberíamos ciertamente experimentar con el enmascaramiento del ruido y tomar nuestra decisión sobre lo que es mejor para la música. [*Por favor, véase la barra lateral,* **Claridad o Desenfoque]**

Creo que la calidez de muchos compresores analógicos clásicos, firma de sonido grueso pero claro, viene de una combinación única de características de ataque y liberación, que pueden ser emuladas en un procesador digital. Hay algunos *plug-ins* que emulan compresores analógicos clásicos, pero para mis oídos no están a la altura del trabajo, creo que lo harán mejor con el tiempo cuando baje el costo del DSP. Actualmente, los diseñadores de *plug-ins* se ven forzados a minimizar la carga DSP de sus procesadores o sino los usuarios se quejan de que no pueden ajustar un *plug-in* en cada tira de canal (como si esto fuera deseable). Ciertamente el compresor digital Weiss no suena *digital*, así que sabemos que puede ser hecho con pericia de programación y DSP caro.

Un Simulador Analógico - Escoja su Gusto de ***Grunge***

La **Figura C16-08** de las Láminas de Color compara el NSEQ con el Cranesong HEDD, un *simulador analógico* digital de excelente calidad de sonido.

El Cranesong (señal azul) ha sido ajustado para producir una estructura armónica marcadamente similar a la del NSEQ. Para este gráfico sus niveles han sido ajustados a propósito para producir más distorsión de la que Millennia estaba produciendo. Sorprendentemente, el oído piensa que está escuchando un excelente procesador analógico sin ninguna pérdida de resolución o de imagen. Pero el *grunge* de bajo nivel en la parte inferior de la imagen parece altamente sospechoso, mirar a través de esta ventana podría hacerle pensar que el Cranesong estaba truncando información importante. Pero dos factores importantes lo mejoran: Primero, el *grunge* del Cranesong es unos 12 dB inferior del de un dispositivo truncado, y por ello, es probablemente enmascarado por el ruido y los armónicos eufónicos. En segundo lugar, el HEDD tiene una arquitectura interna única de sumador, que no altera, trunca o recalcula la señal fuente original. El Cranesong clona la fuente original y envía esto a su salida, mientras realiza las mezclas en la distorsión calculada, por tanto preservando ampliamente el ambiente y el espacio del original. La distorsión de bajo nivel en la figura es parte de la distorsión aditiva de la señal y no un resultado de volver a calcular la fuente. En otras palabras, ¡sólo está distorsionada la distorsión! Tomamos primero esta medición a 44,1 kHz, a 88,2 y a 96 k. Como puede ver en las dos figuras de la página siguiente, a 96 k el *grunge* de nivel inferior ha desaparecido virtualmente, y la distorsión del Cranesong es incluso más limpia, ¡si esto no es una contradicción en términos!

Cocinando un Mejor Sonido - de Manera Natural

Hay ciertas consolas analógicas cuyo carácter es altamente apreciado porque añaden a las mezclas sabor, dimensión e incluso garra. Un nombre que me viene a la mente es API, que a mis oídos cuenta con una excelente combinación de linealidades deseables (como techo dinámico y amplitud de banda) y no linealidades. Creo que la sutil "grava" en sus discretos amplificadores operacionales pueden incluso ser una ligera distorsión intermodular, que es lo correcto para rock and roll aunque es suficientemente sutil para jazz y música clásica según como maneje las etapas (una cuestión de gusto). Creo que los transformadores añaden cierta garra o espesamiento a través de la saturación y la distorsión de segundo y tercer armónico, así como algunos armónicos superiores y un toque de desplazamiento de fase (que puede añadir cierta *dimensionalidad*).

Nuestro papel como ingeniero de masterización es como el del chef principal que sabe justamente cuanta cantidad y que tipo de especia es útil para añadir *energía* sin cocer demasiado o estropear el sabor. ¡Hacia la mitad de nuestras carreras hemos recopilado un importante especiero digital y analógico! El Cranesong puede imitar tres tipos de distorsión analógica

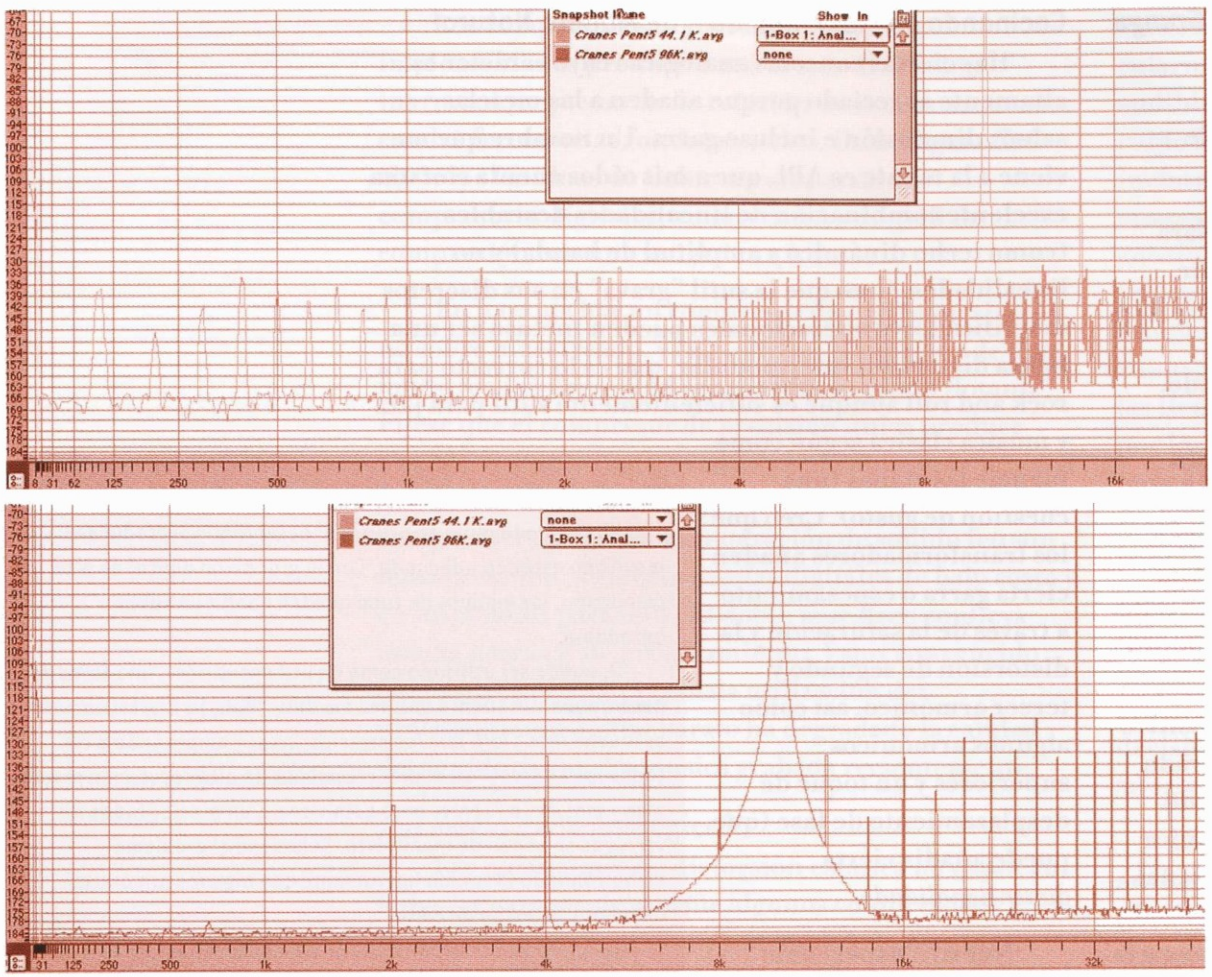
Claridad o Desenfoque, ¿Qué es lo Mejor?

No hay nada malo en utilizar el desenfoque si produce el resultado estético adecuado. Con la grabación digital de alta resolución, los equipos de tubo pueden añadir un sabor agradable.

O, puede ser utilizado como un útil encubridor, una ***tirita de desenfoque.*** Un cliente una vez me dijo, "Bob, tu masterización es mucho más clara que las mezclas, ¡estoy empezando a oír todos los errores!" Si, el procesamiento de alta resolución revela más y más de la fuente, pero esto viene a un precio, todas las verrugas se ponen de manifiesto. Solucioné el problema emborronando el sonido ligeramente con algunos armónicos delicados de ***estilo de cinta.***

Ya que si la actuación no es la absolutamente mejor, o las mezclas no son maravillosas, o el sonido es simplemente mejor cuando no es perfectamente claro - entonces el ***espesor,*** el ***desenfoque de emborronamiento,*** o la ***magia analógica de la distorsión*** pueden ser simplemente el enfoque correcto para la música. En la masterización, prefiero habitualmente llevar a cabo esto, pasando primero la señal a través de las electrónicas de resolución más alta, que añaden poca o ninguna distorsión, y después añadir un toque de la salsa desenfocada con un componente selectivo de desenfoque o un tramado ruidoso. Este enfoque es metódico, controlable, y reversible.

Claramente, el uso ingenioso del ruido puede enmascarar y por lo tanto mejorar algunas distorsiones de bajo nivel. Irónicamente, el ruido superreducido de la grabación digital puede ser su mayor enemigo.



La comparación del Cranesong HEDD 192 en modo Pentode en dos tasas de muestreo diferentes, con un tono de prueba de 10 kHz-15 dBFS.

En la parte superior, 44,1 kHz SR, en la parte inferior 96 kHz. Fíjese en las diferentes escalas de frecuencia, ya que la tasa de muestreo más elevada muestra frecuencias armónicas de la señal de audio hasta 48 kHz.

que sucede de manera natural, denominados **Triodo, Pentodo** y **Cinta.** El control de **triodo** añade una pizca de **sal,** puro segundo armónico, que siendo la octava, es bastante sutil, casi inaudible con alguna música. Puede *aclarar* el extremo inferior añadiendo cierta definición a un bajo, pero puede también adelgazar demasiado el sonido. El **pentodo** es extremadamente versátil proporciona tanto *sal* como *pimienta.* En los niveles inferiores añade armónicos terceros y quintos, que son peligrosamente seductores, y producen un incremento único de la presencia y del brillo con poco *grunge* o *digititis,* especialmente a 96 kHz SR (en la ilustración). A niveles más elevados, armónicos impares adicionales añaden grava y cierto espesor, como un tubo pentodo sobrellevado - ¡un amplificador Marshall en una caja montada en estante de 1 U de altura! Más allá del quinto, una cantidad sutil de armónicos séptimos y novenos añaden unas "aristas" en ocasiones deseables.

El control **cinta** del Cranesong es el **azúcar,** que cuando se mezcla puede endulzar la pimienta del pentodo, ¡produciendo sabores que van desde el rojo al amarillo, verde o Jalapeño! La celebrado tercer armónico (una octava más un quinto) endulza y engorda el sonido, de un modo muy parecido a la cinta analógica. **Cinta** produce también el sonido grueso de la cinta analógica, lo que ayuda a "encolar" unas mezclas. **Cinta** puede ayudar a las fuentes mezcladas de manera digital que pueden estar bien grabadas, pero en las que se echa de menos algo de ese "grosor de rock and roll". El control produce ampliamente distorsión de segundo y tercer armónico, pero como es avanzada, ciertos armónicos superiores adicionales, emulando la representación de la cinta analógica. Demasiado azúcar produce melazas turbias, lentas, una cantidad raramente deseable, pero disponible si lo necesita. Pero simplemente una ligera cantidad puede actuar como una tirita de dulcificación del sonido para mejorar las grabaciones truncadas o con aristas. A pesar de ello, el espacio y la profundidad han sido permanentemente perdidas si hubo truncamiento antes de la utilización del Cranesong.* Nadie esta seguro porque, pero los oyentes críticos han observado que añadir cantidades delicadas de distorsión armónica justo en la proporción correcta, parece realzar la profundidad y claridad en una grabación. El truco es conocer la cantidad exacta.[5]

* Aunque el proceso K-Stereo de Digital Domain hace un bastante buen trabajo restaurando ese ambiente perdido.

¿Precisión Única, Doble Precisión, o Punto Flotante?

La primera generación de procesadores digitales a dado una mala reputación al procesamiento digital. Pero los procesadores de 24 bits de precisión única están siguiendo el camino de Dodo, al menos los equipos de audio respetables. Siendo todas las cosas iguales (y nunca lo son) los procesadores de punto flotante de 32 bits, son vistos por lo general de sonido inferior al de 48 bits (fijo de doble precisión), y el flotante de 40 bits. Algunos dispositivos más nuevos de punto flotante, como el programa de software **ChannelStrip** de Metric Halo, trabajan en 64 bits y tienen de manera admirable una baja distorsión medida. Sin embargo, un diseñador, Z-Systems, ha producido un ecualizador digital de punto flotante de 32 bits, utilizando técnicas propietarias de reducción de la distorsión, que suenan muy bien, y miden tan bien como otros ecualizadores que utilizan longitudes de palabra más largas. En última instancia, la pericia del diseñador es la que determina lo agradable que suena un dispositivo. Las matemáticas involucradas no son triviales, y la elección de los coeficientes de filtro del diseñador pueden marcar tanta diferencia como su elección de longitud de palabra.

La **Figura C16-09** de las Láminas de Color muestra que con un procesador de precisión simple, incluso un simple incremento de ganancia puede arruinarle su día digital. Se pasa un tono tramado de 1 kHz de 24 bits a -11 dBFS, a través de dos tipos de procesadores, cada uno con un incremento de ganancia de unos 10 dB. La distorsión del procesador de precisión única (señal roja) es el resultado del truncamiento de los productos por debajo del bit 24. A pesar de ello, el resultado más alto de la distorsión, a -142 dBFS, es extremadamente bajo. Creo que el *sonido* de un único truncamiento de 24 bits puede no ser audible, pero el truncamiento acumulativo añade suficiente distorsión inarmónica para resultar molesta al oído sensible. En azul comparamos la salida perfectamente limpia de un procesador de punto flotante de 40 bits, que trama su salida a 24 bits. Medí un rendimiento similar con un procesador (de doble precisión) de 48 bits y un procesador de punto flotantes de 32 bits, tramados ambos a 24 bits.

¿Doble Muestreo?

Los ecualizadores digitales y los procesadores de dinámicas más avanzados utilizan tecnología de doble muestreo, lo que significa que la tasa interna de muestreo es doblada para reducir la distorsión de frecuencias fantasma. Los filtros de alta calidad de fase lineal son utilizados en los convertidores de tasa de muestreo internos. No estoy seguro de que esto tenga un significado audible en los ecualizadores,[6] pero los procesadores de dinámicas se benefician porque el procesamiento no lineal genera graves frecuencias fantasmas de la tasa de muestreo, y cuanto más alta la tasa de muestreo, menor el *aliasing*.

La **Figura C16-10** de las Láminas de Color compara dos procesadores de dinámicas digitales de excelente sonido, el Weiss DS1-MK2 que sobremuestrea y utiliza cálculos de punto flotante de 40 bits, y el Waves L2 de muestreo estándar, que utiliza punto fijo de 48 bits.

Para comparar manzanas con manzanas, ambos procesadores están limitados unos 3 dB con el Waves en rojo, y el Weiss en verde, ajustado a una tasa 1000:1. Fíjese que el procesador que sobremuestrea exhibe una distorsión de cuantización considerablemente inferior. Sin embargo, el limitador de seguridad conmutable del Weiss, que no sobremuestrea, produce una considerable distorsión de frecuencias fantasma incluso a una limitación de 1 dB (señal naranja). A 88,2 kHz y superior (no mostrado), el limitador de seguridad del Weiss y el Waves rinden mejor de una manera medible, y puede no necesitarse el doble muestro. Por lo tanto, hay una considerable ventaja al

hacer todo nuestro procesamiento con unas tasas más altas, lo que lleva a los productos de la distorsión a la zona inaudible del espectro por encima de 20 kHz. Después, convierta la tasa de muestreo a 44,1 kHz durante el último paso, lo que filtra la mayor parte de los subproductos de la alta frecuencia.

A pesar de las diferencias medidas, la "ventana" que hemos escogido, (representación en estado continuo de la onda sinusoidal) probablemente tiene poco que ver con el rendimiento percibido de estos dos limitadores de excelente sonido. Porque las mediciones de estado continuo tienen poca o ninguna relación con las diferencias audibles de los limitadores. Creo que la clave a la reacción del oído es la *duración* de la acción de limitación. En un uso típico, los limitadores entran en reducción de ganancia durante un periodo muy corto. Con tasas de limitación de 1000:1, con un ataque instantáneo, y rápida liberación, estos procesadores producen solamente una distorsión momentánea, más corta que la sensibilidad del oído humano a la distorsión (unos 6 ms según algunos expertos). Pero si un usuario empuja demasiado un limitador para que trabaje en los niveles RMS del material así como en los picos, entonces la distorsión sinusoidal medida resulta importante de manera audible.

Los compresores, sin embargo, son animales diferentes y el doble muestreo es crítico para ellos, porque un compresor puede encontrarse en reducción de ganancia durante un buen porcentaje del tiempo. Siento que el doble muestreo contribuye al sonido *robusto* y *cálido* del Weiss, cuando se utiliza como un compresor. Mientras las grabaciones de Heavy Metal emplean una distorsión considerable como efecto, clásicamente emplean procesadores analógicos para este propósito para evitar las inarmónicas frecuencias fantasma de los típicos procesadores digitales.

¿Mejores Métodos de Medición?

Debería estar claro en este momento que podemos fácilmente medir fenómenos simples que son probablemente demasiado sutiles para oír (como un único tono de distorsión armónica cerca del nivel de 24 bits). Pero podemos oír (percibir) fenómenos muy complejos, que son muy difícil de describir con mediciones (como la calidad de sonido de un ecualizador frente a la de otro). Lo que necesitaremos para describir este tipo de fenómenos audibles complejos son instrumentos de medición *basados en la psicoacústica*, que todavía no han sido inventados. La investigación y el desarrollo actual del audio codificado como el MP3 (que se beneficia del enmascaramiento del oído) puede llevar a unos mejores analizadores del ruido y de la distorsión que pueden discriminar entre la distorsión que podemos y que no podemos oír.

El *Bonger* - un Test de Escucha

Como las actuales mediciones de onda sinusoidal de estado continuo son engañosas a la hora de medir procesadores no lineales como compresores, un método más efectivo de medida es a través de la escucha: utilizando el *gonger* también conocido como *bonger*, desarrollado originalmente por Chris Travis de la BBC y disponible en un CD de prueba de Checkpoint Audio (véase Apéndice 10). Esta prueba es una onda sinusoidal pura que se modula a través de varias amplitudes, con el fin de ejercitar y revelar cualquier no linealidad de la amplitud en la trayectoria de la señal. Simplemente reproduzca el *bonger* en el dispositivo que quiera comprobar y escuche la salida por si hubiera alguna modulación del ruido, zumbidos o distorsión.

Probando la Identidad - Transparencia de Bits

Cualquier estación de trabajo que no puede realizar un clon perfecto debería ser tirada a la basura. La prueba más simple es la prueba de identidad o prueba de transparencia de bits. Ajuste un ecualizador digital a una ganancia uniforme y de unidad, después pruebe

para ver si pasa una señal idéntica a la de su entrada. Algunas personas se burlan de esta prueba, ya que el equipamiento analógico casi nunca produce una salida idéntica. Pero la prueba es importante, ya que el equipamiento digital puede producir una flagrante distorsión como hemos visto. El *bitscope* puede ayudar a la hora de hacer pruebas nulas: es bastante probable que un dispositivo sea bit transparente, si al introducirle de mantera selectiva 16 bits, después 20, después 24, sale lo mismo que introdujo. Puede también observar una fuente de 16 ó 20 bits, al expandirse a 24 bits cuando la cambia ganancia, durante los fundidos encadenados, o si cualquier ecualizador es modificado de la posición de 0 dB. Una trayectoria neutral de la consola es una buena indicación de la integridad de datos en un *DAW*. Después del *bitscope*, su siguiente defensa es realizar algunas pruebas básicas, de linealidad, de distorsión con el FFT, y finalmente, una prueba de clones perfectos (copias digitales perfectas). El **test nulo** confirma la identidad bit a bit: Reproduzca dos archivos al mismo tiempo, invirtiendo la polaridad de uno y mezclando los dos juntos. Debería haber una salida 0 o sino los dos archivos no son idénticos. Como los diseñadores son seres humanos falibles, debería realizar pruebas básicas en su *DAW* por cada ajuste del *software*.

Escoja su Arma

Así que, ¿qué utilizar, procesamiento analógico o digital? Hace unos pocos años, no me gustaba el sonido del procesamiento digital acumulativo. Podía tolerar un par de unidades bien diseñadas de precisión simple en serie. Después de eso, volvía al analógico.

Si se procesa digitalmente, sea consciente de las debilidades del equipo. Hasta que los fabricantes adopten procesadores más poderosos, y la potencia de procesamiento se ponga al día, limite el número de pases a través de cualquier sistema digital. Cada pase sonará un poco más frío incluso empleando almacenamiento de 24 bits. **Unas mezclas realizadas a través de una consola digital actual, pueden sonar mejor o no, que unas realizadas a través de una consola analógica de alta calidad,** dependiendo de varios factores: el número de pases o rebotes que se han llevado a cabo, el número de pistas mezcladas, la calidad de los convertidores que se emplearon, los equipos periféricos y las mezclas internas y los algoritmos de ecualización de la consola digital. Como ningún ecualizador de consola tiene actualmente la potencia de un Weiss de 6.000$, económicamente es mucho más simple replicar un buen algoritmo de ecualización para 144 canales, que realizar lo equivalente en *hardware* analógico, así que hay esperanza en el futuro de la consola digital, cuando el silicio sea más barato.

Y no existe vuelta atrás, las grabaciones de 24 bits y las altas tasas de muestreo están tomando el poder, y suenan mejor, así que para la hora de masterizar podemos escoger lo mejor de varios mundos, y elegimos equilibrando los beneficios y las pérdidas:

> *"La Regla de la Calidad del Sonido: Comience siempre con la fuente de mayor resolución y mantenga esa resolución tanto tiempo como sea posible durante el procesamiento."*

- equipos digitales de sonido puro, (algunos) muy transparentes, de ruido reducido
- equipos analógicos de ruido reducido, (algunos) de buen sonido, razonablemente transparentes, que podemos utilizar para añadir un poco de azúcar, sal, pimienta, o especia, o simplemente para evitar que el sonido sea frío
- un procesador digital que simula distorsión analógica o calidez.

¿Por Qué el Buen DSP es Tan Caro?

La propiedad intelectual es la cosa más nebulosa para un consumidor. Es fácil ver porque un Mercedes Benz de dos toneladas cuesta tanto, pero no es tan

obvia la cantidad de trabajo intelectual que va en un circuito integrado de un gramo. Puede llevar cinco años de la vida de un hombre producir un buen *software* de audio, creado por individuos con 10 años o más de estudios o experiencia. De manera similar, cuando el doctor emplea diez minutos en examinarle, prescribir una píldora de 10 centavos y después le presenta una factura de 100$, recuerde que usted está pagando por todo ese conocimiento y experiencia. Esto no quiere decir que estoy en contra de la medicina social, simplemente quiero volver a enfatizar las razones por las que la propiedad intelectual y el buen DSP son tan caros.

La Regla de la Calidad de la Fuente

Un corolario importante de esta discusión es la **regla de la calidad de la fuente:** *Las grabaciones origen y los masters deberían tener una mayor resolución que el medio de publicación final.* **Comience siempre con la fuente de mayor resolución y mantenga esa resolución tanto tiempo como sea posible durante el procesamiento.** Al masterizar, una consecuencia de esta regla es la reducción del número de generaciones y copias, y si es posible, vuelva hacia atrás una o más generaciones cuando un nuevo proceso deba ser añadido o aplicado.

Esta regla se aplica incluso cuando esta haciendo un MP3 u otro resultado final de datos reducidos. Considere un medio de pérdida como el (rápidamente en desuso) casete analógico. Grabe a casete desde una fuente de alta calidad, como un CD, y sonará mucho mejor que una copia desde una fuente inferior, como la radio FM, evitando las pérdidas acumulativas de ancho de banda, ya que un ancho de banda mayor suena mejor. En otras palabras, cuanto mayor sea la calidad del audio con el que comienza, mejor será el producto final, sea un CD audiófilo, un CD-ROM multimedia, MP3, o una muñeca Barbie parlante. Puede parecer gracioso, pero nunca irá mal empezando a 96 kHz/24 bits si el producto va a terminar en un CD de 44,1 kHz/16 bits. La conversión de la tasa de muestreo debería ser el penúltimo proceso, justo antes del tramado.

En Resumen

Los ingenieros de masterización no tienen que pensar sobre el significado de la vida cada vez que realizan su magia, muchos ingenieros de sonido simplemente enchufan sus procesadores, escuchan y hacen a la música sonar mejor. Pero me gusta también considerar simplemente porque las cosas suenan mejor, porque me ayuda a evitar problemas que no son obvios en una primera escucha, y también idear soluciones innovadoras. ¡Espero que este capítulo le haya inspirado para idear algunas innovaciones propias!

---

1 Véase el Apéndice para referencias sobre filtros de ruido. Irónicamente, todos los filtros estándar de ponderación de ruido deberían ser revisados, porque no tienen relación con la percepción humana de dispositivos muy silenciosos como los convertidores A/D y D/A.

2 E incluso entonces, la curva F es una aproximación, ya que la percepción del ruido del oído es mucho más que simplemente una curva de respuesta de frecuencia, como Jim Jonhston explica: El ruido debería ser medido de manera separada en cada banda critica y comparada con el umbral del oído para esa banda critica.

3 La mayor parte de las instantáneas de SpectraFoo™ fueron tomadas a una resolución FFT de 32 puntos K (32.000 "cajones") con un tiempo medio de unos 4 segundos y ponderación Hanning. La amplitud real de los detalles en un FFT depende de su resolución, ya que los FFTs son solo comparables directamente si se utilizan los mismos métodos.

4 El término *resolutivo.* cuando se aplica al sonido de los circuitos de tubo, es en si mismo un término audiófilo subjetivo no cuantificable. Es justo decir que las reacciones negativas de los audiófilos a algunos circuitos de estado sólido, de sonido desagradable, utilizan términos inexactos como *resolución* y *transparencia* que puede probarse que son simplemente la distribución de los armónicos o diferencias en la respuesta de frecuencia. ¡Y quizás no!

5 Para los curiosos, el K-Stereo y el K-Surround **no** utilizan distorsión armónica para realzar la profundidad. Utilizan otros principios psicoacústicos.

6 Aunque los creadores del ecualizador Weiss de doble muestreo, el plug-in GML y Audiocube sienten que el doble muestreo es importante para los ecualizadores. A algunos ingenieros les gusta el sonido de las curvas de alta frecuencia que se extienden más allá de 20 kHz, incluso si es más tarde cortado cuando la tasa de muestreo se lleva la mitad en la salida del ecualizador. Y Jim Jonhston (en correspondencia) afirma que cuando un filtro digital tiene una respuesta que se extiende a la mitad de la tasa de muestreo, puede producir algo realmente extraño y frecuencias de respuesta inesperadas, lo que indica que el doble muestreo es importante para este tipo de ecualizadores.

Capítulo 17

Como Obtener Profundidad y Dimensión en la Grabación, Mezcla y Masterización

I. Introducción

Coloco esta lección de acústica en la mitad de un libro sobre masterización, porque la creación de maravillosos *masters* de audio requiere que ciertos principios acústicos básicos sean comprendidos. A medida que entramos en la era de la grabación y reproducción envolvente, muchos ingenieros de mezclas están repitiendo sus errores del trabajo con dos canales - manipulando los instrumentos mono en ubicaciones separadas, y después añadiendo múltiples capas de "lavado" de reverberación estereofónico no correlacionado, en un intento vano y desacertado de crear espacio y profundidad. Es importante comprender como manipular la sorprendente profundidad disponible en el lienzo de dos canales, antes de mover hacia el envolvente de multicanales.

Me asombra los pocos ingenieros que conocen como utilizar por completo los dos canales estéreo pasados de moda he estado realizando grabaciones "naturalistas" de dos canales durante muchos años sacando partido de la acústica de la sala, pero es también posible utilizar medios artificiales para simular la profundidad, y existen muchos ingenieros que trabajan en el campo del pop que saben como hacer esto. Aprenda a distinguir la audible diferencia entre la simple manipulación mono, y grabaciones que simulan o utilizan los reflejos de los muros cercanos para crear una autentica sensación de profundidad. Sin este conocimiento, sus grabaciones tenderán a producir una imagen vaga, poco definida, los instrumentos musicales quedarán oscurecidos y poco claros.

Las técnicas incluidas aquí incluyen la utilización del efecto Haas[1] , particularmente cuando se implementa de modo binaural, la utilización de los retardos y alteraciones de fase, los reverberadores más naturalistas, y la comprensión de como desenmascarar a través del emplazamiento. Sea también consciente de

que las grabaciones de 2 canales bien producidas cuentan con información de ambiente codificada, que puede ser extraída a multicanal, y merece la pena aprender sobre estas técnicas.

Percepción de la Profundidad en Salas Reales

Las Reflexiones Tempranas frente a la Reverberación

En un primer pensamiento, puede parecer que la profundidad en una grabación puede obtenerse simplemente incrementando la proporción entre lo reverberante y el sonido directo. Pero la simulación artificial de la profundidad es un proceso mucho más complejo. Nuestro aparato de escucha binaural es en gran parte responsable de la percepción de la profundidad y el espacio, decodificando las diferentes reflexiones tempranas de los muros cercanos, que soportan y hacen más firme el sonido de los instrumentos musicales y las voces. Lo primero, debemos definir los términos *reflexiones tempranas* y *reverberación*. Las reflexiones tempranas consisten en la parte del sonido que se encuentra aproximadamente dentro de los primeros 50-100 milisegundos. Hay una gran correlación entre el sonido directo y las reflexiones tempranas, puede pensar en las reflexiones tempranas como si estuvieran *atadas* al sonido directo. En una habitación grande y difusa, después de unos 100 milisegundos, han ocurrido suficientes rebotes en las paredes para que sea imposible oír rebotes diferentes, este es el principio de la reverberación (no correlacionada) aleatoria, la cual podemos decir que se encuentra *separada* del sonido directo. Este es el porqué de que sean las reflexiones tempranas, incluso más que la reverberación, las que en mayor medida afectan nuestra percepción de la profundidad del sonido, dándole forma y dimensión. La capacidad de decodificación del oído es tal, que unos cuantos ecos bien colocados, solidifican y clarifican de hecho la ubicación del sonido directo, este es el porqué de que una manipulada fuente mono simple, sorda (sin reflexiones tempranas) es tan difícil de ubicar de manera precisa.

El Principio de Enmascaramiento/El Efecto Haas

Los ingenieros de grabación estaban preocupados en obtener profundidad incluso en los días del sonido monofónico. En aquellos días, muchas salas para grabación orquestal eran más sordas que las de hoy en día. ¿Por qué la grabación monofónica y las salas sordas parecen ir bien juntas? La respuesta está relacionada con dos principios que trabajan mano a mano: 1) El principio de enmascaramiento y 2) El efecto Haas.

El Principio de Enmascaramiento y las Grabaciones Mono frente a Estéreo

El principio de enmascaramiento dice que un sonido más alto tenderá a cubrir (enmascarar) un sonido más suave, especialmente si los dos sonidos residen en el mismo rango de frecuencias. Si sucede que estos dos sonidos son el sonido directo de un instrumento musical y la reverberación de ese mismo instrumento, entonces la reverberación inicial puede parecer cubierta por el sonido directo. Cuando el sonido directo cesa, la resaca de la reverberación es finalmente percibida. Este es el porqué de que en la realización de las mezclas, a menudo añadimos un pequeño retardo entre el sonido directo y la reverberación, ayuda a los oídos a separar uno del otro, reduciendo el enmascaramiento.

En las salas de concierto, nuestros oídos sienten la reverberación como si viniera de manera difusa de todo nuestro alrededor, y el sonido directo como si tuviera una definida única ubicación. Por lo tanto, cuando la música es percibida binauralmente, existe menos enmascaramiento, porque el sonido directo y el reverberante vienen de direcciones diferentes. Sin embargo, en la grabación monofónica, la reverberación es reproducida desde el mismo altavoz

fuente que el sonido directo, y de este modo podemos percibir que la habitación es más sorda de lo que realmente es, porque los dos sonidos se solapan direccionalmente. Además, si escogemos una sala de grabación que es muy viva, entonces la reverberación tenderá a interferir con nuestra percepción del sonido directo, ya que en monoaural, ambos serán reproducidos desde la misma ubicación - el único altavoz.

Esta es una explicación de la incompatibilidad de muchas grabaciones estereofónicas con la reproducción monofónica. La mayor cantidad tolerable de reverberación en estéreo, resulta menos aceptable en mono debido al solapamiento físico. A medida que extendemos nuestras técnicas de grabación a 2 canales (y multicanales) podemos superar los problemas de enmascaramiento extendiendo de manera espacial la reverberación artificial lejos de la fuente directa, obteniendo una grabación clara (inteligible) y cálida al mismo tiempo. Uno de los primeros trucos que aprenden los ingenieros de mezclas es colocar la reverberación en el canal opuesto de la fuente. Esto ayuda a desenmascarar el sonido, pero puede producir un efecto antinatural.[2] A medida que nos sofisticamos, descubrimos que en vez de endurecer la colocación horizontal de la fuente y de su eco o reverberación mono de retorno, la utilización de múltiples retardos o de reflexiones tempranas estereofónicas puede producir un efecto más cohesivo, natural. La presencia de reflexiones tempranas extendidas de manera estereofónica sirven también para clarificar la ubicación de la fuente sin efectos. En unas mezclas estéreo sofisticadas, los ingenieros sacan partido de las variaciones de estos temas para producir diversidad y espacio en la grabación.

El Efecto Haas

El efecto Haas puede ayudar a superar el enmascaramiento. En general, Haas dice que los ecos que ocurren dentro de aproximadamente 40 milisegundos del sonido directo, resultan fusionados con el sonido directo. Decimos que el eco resulta "uno" con el sonido directo, y solo se da una mejora del volumen, esto es lo que sucede en una sala real con las reflexiones más tempranas del muro y el suelo. Como la velocidad del sonido es aproximadamente de un pie por milisegundo, 40 milisegundos se corresponden con un muro a una distancia de 20 pies (asumiendo un muro plano perpendicular al ángulo del sonido directo).

Un corolario muy importante al efecto Haas dice que la fusión (y la mejora del volumen) se dará incluso si el eco cronometrado muy de cerca viene de una dirección diferente de la de la fuente original. Sin embargo, el cerebro continuará reconociendo (binauralmente) la ubicación del sonido original como la dirección adecuada de la fuente. El efecto Haas permite a los ecos cercanos (mayores que unos 10 ms y menores que un retardo de unos 40 ms) mejorar y reforzar un sonido original sin confundir su direccionalidad. La máxima definición de la direccionalidad de la fuente se dará al utilizar el retardo más largo posible que no sea percibido como un eco separado.

El Mágico Envolvente

Podemos sacar partido del efecto Haas para convertir de manera efectiva y natural una grabación existente de 2 canales a un medio de 4 canales o envolvente. Al remezclar, coloque un retardo específico en los altavoces envolventes ¡para realzar y extraer el sonido original de una fuente previamente grabada! No se necesita ningún reverberador artificial si hay suficiente reverberación en la fuente original. Así es como funciona:

Debido al efecto Haas cuando la fuente y el retardo se encuentran correlacionadas (p.ej., un golpe de caja) el oído los fusiona, y de este modo todavía percibe el sonido directo como si viniera de los altavoces frontales. Pero esto no se aplica al ambiente porque no

se encuentra correlacionado - el oído no reconoce el retardo como una repetición, y de este modo el ambiente se extenderá, difundido entre la ubicación de la fuente original y la ubicación del retardo (en los altavoces envolventes). De este modo, el efecto Haas solo funciona para el material correlacionado, el material no correlacionado (como la reverberación natural) es extraído, mejorado y extendido direccionalmente. Los laboratorios Dolby denominan a este efecto *el mágico envolvente*, ya que descubrieron que la reverberación natural era extraída hacia los altavoces traseros cuando se les aplicaba un retardo. Dolby utiliza también una matriz Izquierdo menos Derecho para potenciar más la separación. Cuanto más ancho sea el ancho de banda del sistema envolvente y más difuso sea su carácter, más efectiva es la extracción psicoacústica del ambiente hacia los altavoces envolventes.

Haas en las Mezclas

Hay más en Haas que esta simple explicación. Para convertirse en un experto utilizando Haas en las mezclas, puede estudiar los artículos originales que discuten los diferentes efectos de fusión a diferentes tasas de retardo y amplitud. Durante las mezclas, recuerde la relación de 1 pie por milisegundo, y vea que sucede con los retardos cuidadosamente colocados y nivelados en el rango de 12 a 40 milisegundos. Descubrirá que puede mejorar la claridad y posición de un instrumento, todo debido a las psicoacústicas: el propio poder de decodificación del oído.[3] De hecho, los retardos de Haas son mucho más efectivos que la ecualización a la hora de reparar el sonido de un conjunto de batería que grabado en una sala sorda, por ejemplo. Además, la multiplicación de los retardos hasta que simulen las complejas reflexiones tempranas de las salas reales pueden mejorar enormemente nuestra técnica de mezclas estéreo. Más que unos cuantos retardos, se encuentra después nuestra capacidad de hacerlo en un simple tablero de mezclas, y para las reflexiones tempranas debemos utilizar las simulaciones computerizadas que se encuentran en dispositivos como el TC Electronic, EMT, y algunos modelos de reverberadores Sony. El último algoritmo de TC, actualmente solo disponible en el sistema 6000, es bastante asombroso.

Haas en la Masterización

A menudo recibo grabaciones para masterizar a las que les falta profundidad, espacialidad y claridad porque el ingeniero de mezclas no mezcló las reflexiones tempranas o la reverberación suficientemente bien o con un volumen suficiente. Pero como las mezclas ya han sido realizadas, añadir una reverberación artificial puede enturbiar el sonido. Esta es la razón por la que debería utilizarse en vez de ello, una técnica de extracción de ambiente. Mi procesador K-Stereo, modelo DD-2 puede realzar la profundidad de las mezclas estéreo existentes extrayendo y extendiendo espacialmente su ambiente inherente.

La Relación de Haas con los Entornos Naturales

En una buena grabación estéreo, las reflexiones tempranas correlacionadas de la sala son capturadas con su ubicación correcta, soportan el sonido original, nos ayudan a ubicar la fuente del sonido así como la distancia, y no interfieren con la orientación izquierda-derecha. Las reflexiones tardías no correlacionadas, que denominaremos reverberación, contribuyen naturalmente a la percepción de la distancia, pero porque están no correlacionadas con la fuente original la reverberación no nos ayuda a ubicar en el espacio la fuente original. Si el ingeniero de grabación utiliza en vez de ello técnicas de microfonía estereofónica y una sala más viva, capturando las reflexiones tempranas en dos pistas del multipistas, el ingeniero de remezclas necesitará una menor

reverberación artificial y lo poco que añada puede hacerse de manera convincente.

La Utilización de la Respuesta de Frecuencia para Simular la Profundidad

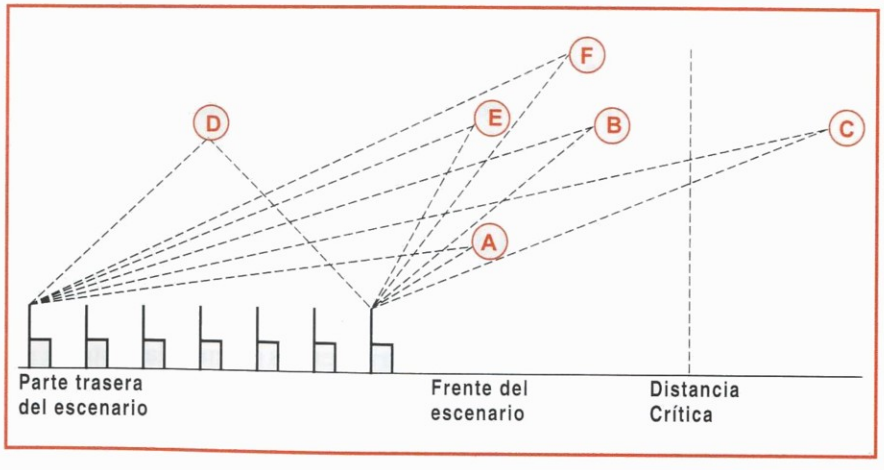
Otro elemento que colabora en el sentido de la distancia en un entorno acústico natural son las cualidades de absorción del aire. A medida que la distancia desde la fuente del sonido aumenta, se reduce la respuesta aparente de las altas frecuencias. Esto proporciona otra herramienta que el ingeniero de grabación puede utilizar para simular la distancia, ya que nuestros oídos han sido entrenados para asociar la distancia con la reducción de las altas frecuencias. Un experimento interesante es alterar el control de agudos, mientras se reproduce un buena grabación orquestal estéreo. Fíjese en como la profundidad aparente, desde el frente hasta la parte trasera de la orquesta, cambia considerablemente a medida que manipula las altas frecuencias.

Técnicas de Grabación en Salas Naturales para Obtener Profundidad desde el Frente hasta la Parte Trasera

Equilibrar la orquesta solamente con unos cuantos micrófonos (minimalista). Un grupo musical es mostrado en una sección lateral de la sala (véase diagrama a la derecha). Diferentes posiciones de micrófono son indicadas por las letras A-F.

Los micrófonos A se encuentran colocados muy cerca del frente de la orquesta. Como resultado, la tasa de la distancia A desde la parte trasera comparada con la frontal es muy grande. Por consiguiente, el frente de la orquesta estará mucho más alto en comparación con la parte trasera, y la cantidad de reflexiones tempranas que lleguen al micrófono desde la parte trasera será mucho mayor que desde el frente. El equilibrio frente-parte trasera estará exagerado. Sin embargo, hay mucho que decir a favor de la posición de micrófono A, ya que el director de orquesta se sitúa habitualmente allí, y él coloca a propósito los instrumentos más suaves (de cuerda) al frente, y los más altos (los metales y la percusión) en la parte trasera, de algún modo compensando la discrepancia de nivel con la ubicación. También, las características irradiantes de las trompas de las trompetas y trombones, les ayudan a superar la distancia. Estos instrumentos suenan frecuentemente más cercanos que los otros instrumentos situados a la misma distancia física, ya que el foco de la trompa aumenta en proporción a la tasa reflejada. Fíjese que los metales de la orquesta a menudo parecen mucho más cercanos que la percusión, aunque están situados a distancias similares. Debería tomar estos factores en cuenta cuando coloca un conjunto para la grabación. Claramente, percibimos la profundidad a través de la mayor proporción de sonido reflejado frente al sonido directo en los instrumentos traseros.

Cuanto más lejos nos movemos en la sala más pequeña es la tasa de la distancia parte trasera-frente, y los instrumentos frontales tienen menos ventaja sobre los traseros. En la posición B, los metales y la percusión se encuentran solamente al doble de distancia de los micrófonos de los instrumentos de



cuerda. Esto (de acuerdo con la teoría) hace que la parte trasera de la orquesta esté a 6 dB menos, comparada con la frontal, pero esto es mucho menos de 6 dB en una sala reverberante, porque el nivel cambia menos con la distancia.

Por ejemplo, en la posición C, los micrófonos se encuentran más allá de la distancia crítica - el punto en el que el sonido directo y el reverberante son iguales. Si el frente de la orquesta parece demasiado alto en B, la posición C no solucionará el problema, habrá un equilibrio similar frente-parte trasera pero estará mas enterrado en la reverberación.

La Utilización de la Altura del Micrófono para Controlar la Profundidad y la Reverberación

Cambiar la altura del micrófono nos permite modificar la perspectiva frente-parte trasera, independientemente de la reverberación. La posición D no tiene profundidad frente-parte trasera, ya que los micrófonos se encuentran directamente sobre el centro de la orquesta. La posición E tiene la misma distancia de la orquesta que A, pero estando mucho más elevada, la tasa relativa parte trasera-frente es mucho menor. En E podemos encontrar la perspectiva de profundidad ideal y un buen equilibrio de nivel entre los instrumentos frontales y traseros. Si se desea una profundidad frente-parte trasera todavía menor, entonces F podría ser la solución, aunque con una mayor reverberación global y a una distancia mayor. O podemos intentar una posición más elevada que E, con una menor reverberación que F.

La Directividad de los Instrumentos Musicales

Frecuentemente, cuanto más hacia arriba movemos el micrófono, más frecuencias altas capturará, especialmente de los instrumentos de cuerda. Esto es porque las altas frecuencias de muchos instrumentos (particularmente los violines y las violas) irradian de manera ascendente, así como hacia delante. El factor de las altas frecuencias añade más complejidad al problema, ya que se ha observado que la respuesta de agudos afecta a la distancia aparente de una fuente. Fíjese que cuando el micrófono pasa la distancia crítica de una sala, podemos no escuchar cambios significativos en la respuesta de las altas frecuencias cuando se cambia la altura.

El ingeniero de grabación debería ser consciente de cómo todos los factores mencionados arriba, afectan a la imagen de la profundidad, para que pueda tomar una decisión inteligente en la siguiente posición de micrófono a probar. La diferencia entre una grabación de notable alto y una grabación de sobresaliente alto puede ser una cuestión de pulgadas.

Más Allá de la Grabación Minimalista

El ingeniero/productor a menudo desea calidez, ambiente, o distancia adicional después de encontrar la posición de micrófono con la que se obtiene el perfecto equilibrio instrumental. En este caso, mover los micrófonos atrás hacia la zona reverberante puede no ser la solución. Otro motivo para el incremento del ambiente es cuando la sala es un poquito seca. En cualquier caso, transportar el conjunto completo a otra sala puede ser tentador, pero no es siempre la solución más práctica.

El enfoque minimalista es cambiar el patrón o patrones del micrófono a uno menos direccional (p.ej., omnidireccional o con figura de 8). Pero esto puede ser complejo, ya que cada patrón demanda su propio espaciado y ángulo. Hablando de manera simplista, con una distancia constante, cambiar el patrón del micrófono afecta directamente a la tasa de reverberación.

Quizás la solución más fácil es añadir micrófonos de ambiente. Si conoce los principios de la cancelación de la fase acústica, el añadido de más micrófonos es un

pecado. Sin embargo, la cancelación de la fase acústica no ocurre cuando los micrófonos extras se colocan únicamente en la zona reverberante, ya que la zona reverberante no está correlacionada con el sonido directo. El problema, desde luego, es saber cuando los micrófonos se encuentran suficientemente metidos en la zona reverberante. La aplicación adecuada de **la regla de 3 a 1**[4] minimizará la cancelación de la fase acústica. Así que escuche cuidadosamente. Los micrófonos de ambiente deberían estar dentro de la sala lo suficientemente alejados, y la sala debería ser lo suficientemente reverberante para que cuando estos micrófonos se mezclen en el programa, no se escuche deterioro en la frecuencia de respuesta directa, tan solo una calidez añadida y una redoblada reverberación.

En ocasiones las salas son tan secas que hay un definido sonido correlacionado incluso en la parte trasera, y los micrófonos de ambiente causarían un efecto de filtro de peine.

Asumiendo que el ambiente añadido consiste en reverberación no correlacionada, entonces en principio, una cámara de reverberación artificial debería obtener resultados similares a los obtenidos con micrófonos de ambiente. En la práctica, sin embargo, esto tiene que ser un si cualificado, asumiendo no solo que la cámara de reverberación artificial tiene una respuesta estereofónica y está en consonancia con el sonido de la sala de grabación original, sino también que los micrófonos principales han registrado suficientes reflexiones tempranas para que el efecto de profundidad sea convincente. Sólo la reverberación artificial, al estar no correlacionada, no ayudará a la imagen mental o producirá una imagen centrada de la profundidad.

¿Qué le ocurre a la imagen de la profundidad y la distancia de la orquesta, cuando se añade ambiente? En general, la profundidad frente-parte trasera de la orquesta permanece igual o se incrementa mínimamente, pero la distancia aparente global se incrementará a medida que se mezcle con más reverberación. El cambio en la profundidad puede no ser lineal para toda la orquesta, ya que los instrumentos con más dominancia de altas frecuencias pueden parecer que permanecen más cerca incluso con una reverberación añadida.

La Influencia de las Características de la Sala en la Profundidad Grabada Frente-Parte Trasera

En general, con una distancia fija de micrófono dada, más reverberante es la sala, y más alejada parecerá la parte trasera de la orquesta. En una sala problemática la reverberación es mucho mayor en la región de frecuencia de bajos superior, particularmente alrededor de 150 a 300 Hz. Un cuarteto de cuerda habitualmente coloca al violonchelo en la parte de atrás. Como este instrumento es muy rico en la región superior de los bajos, en esta sala problemática el violonchelo siempre sonará más alejado de los micrófonos que el segundo violín, que está situado a su derecha. Por extraño que parezca, una asistente a este concierto en esta sala no notará la distancia sónica extra, porque su fuerte sentido de la vista ubica el violonchelo fácilmente y no le permite percibir ninguna incongruencia. Cuando cierra sus ojos, sin embargo el oyente astuto se dará cuenta de que, sí, ¡el violonchelo suena mucho más alejado de lo que parece!

Es por lo tanto bastante difícil obtener una adecuada imagen de la profundidad con un par de micrófonos en esta sala problemática. La profundidad parece aumentar casi de forma exponencial, cuando los instrumentos de bajas frecuencias se colocan solo a unos pocos pies de distancia. Es especialmente difícil grabar un quinteto de piano en esta sala porque el extremo inferior del piano excita la sala y resulta difícil de ubicar espacialmente. El problema se agrava cuando el piano se encuentra entreabierto, lo que corta la definición de las altas frecuencias del instrumento.

La solución de microfonía que yo escojo para este problema es una solución intermedia, coloco un micrófono cerca del piano, y lo mezclo con una posición panorámica idéntica a la imagen virtual del piano que llega desde el par de micrófonos principal. Puedo añadir solamente una pequeña porción de este micrófono cercano, antes de que el nivel aparente del piano sea tomado por encima del equilibrio que un oyente escucharía en la sala. El micrófono cercano ayuda a solidificar la imagen y la ubicación del piano. Le da al oyente un sonido un poco más directo sobre el que centrarse.

¿Pueden funcionar las técnicas minimalistas en un estudio sordo? No muy bien. Mis observaciones son que esa técnica simple de microfonía no tiene ninguna ventaja sobre la microfonía múltiple en una sala sorda. Una vez grabé una sirena grabada en una habitación sorda, con 6 pistas de micrófonos cercanos y dos de un par estéreo más alejado. En esta habitación sorda ¡no había diferencias significativas entre el sonido del par minimalista, y los 6 múltiples micrófonos mono en primer plano! (Los micrófonos cercanos estaban, desde luego, cuidadosamente ecualizados, nivelados y colocados en horizontal de izquierda a derecha.) Esto fue un descubrimiento sorprendente, y refuerza la importancia de la buena acústica de la sala y especialmente las reflexiones tempranas en un sonido musical. En otras palabras, cuando no existen importantes reflexiones tempranas, podría también escoger una microfonía múltiple con sus ventajas relacionadas con el equilibrio de postproducción.

Las Técnicas de Microfonía y la Imagen de Profundidad

Micrófonos Coincidentes. Las diferentes técnicas de microfonía simple revelan la profundidad en un mayor o menor grado. Los patrones de micrófono que tienen lóbulos fuera de fase (p.ej., hipercardioides y en figura de 8) pueden producir una extraña calidad holográfica, cuando se utilizan en pares adecuadamente angulados. Incluso los de figura en 8, ajustadamente separados (coincidentes), pueden dar tanta imagen de profundidad como los omnidireccionales separados. Pero la microfonía coincidente reduce la ambiegüedad temporal entre los canales izquierdo y derecho, y en ocasiones buscamos esta misma ambigüedad. Por lo tanto, no existe una única técnica minimalista ideal para la buena profundidad, y debería familiarizarse con los cambios en la profundidad producidos por el cambio de la separación de los micrófonos, los patrones y los ángulos. Por ejemplo, con un patrón de micrófono dado, cuanto más alejado esté el par de micrófonos, más amplia será la imagen estéreo del conjunto. Los instrumentos cercanos a los laterales tienden a irse más a la derecha o a la izquierda. Los instrumentos centrales tienden a ancharse y ser más difusos en su imagen mental, más difíciles de ubicar o centrar espacialmente.

Las razones técnicas para esto concuerdan con el efecto Haas en los retardos por debajo de aproximadamente 5 ms, frente a los retardos significativamente más largos. Con unos retardos muy cortos entre dos fuentes espacialmente ubicadas, la ubicación de la imagen resulta ambigua. Un oyente puede experimentar con este efecto desajustando el acimut de una máquina analógica de 2 pistas y reproduciendo una cinta mono a través de un sistema de altavoces estéreo bien sintonizado. Cuando el acimut es correcto, la imagen central será ajustada y definida. Cuando el acimut se encuentra desajustad, la imagen central se anchará y se saldrá del centro acústicamente. Pueden darse (y se dan) problemas similares con los retardos de tiempo de micrófono a micrófono siempre presentes en las técnicas de par separado.

Micrófonos separados. Me he dado cuenta de que cuando se utiliza el par de micrófonos separado, la imagen de profundidad también parece aumentar, especialmente en el centro. Por ejemplo, la línea de

frente de un coro ya no parecerá recta. En vez de ello, parece estar en un arco que se arquea desde el oyente en el medio. Si se colocan a los solistas en los lados izquierdo y derecho de este coro en vez de en el medio, sucederá un efecto bastante agradable y factible de profundidad artificial. Por lo tanto, no imposibilita la utilización de técnicas de par separado. El añadido de un tercer micrófono omnidireccional en el centro de otros dos omnis puede estabilizar la imagen central, y reduce de manera proporcional la profundidad del centro.

Microfonía Múltiple. He descrito como los múltiples micrófonos cercanos destruyen la imagen de profundidad, en general me mantengo en esta afirmación. Pero existen los solistas en las orquestas, y por muchas razones no se encuentran siempre colocados enfrente del grupo. Cuando busque una imagen de profundidad natural, trate de mover los solistas más cerca, en vez de añadir micrófonos adicionales, que pueden provocar cancelación de la fase acústica. Pero cuando el solista no puede ser movido, toca demasiado suave, o cuando la acústica de la sala le hace parecer más alejado, entonces deben añadirse uno o más *micrófonos puntuales.* Cuando los micrófonos cercanos de los solistas son un par estéreo adecuadamente ubicado y la sala no es demasiado sorda, la imagen de profundidad parecerá más natural que uno obtenido con un único micrófono de solista.

Para evitar problemas, aplique la regla de 3 a 1. Además, escuche atentamente por si hubiera problemas de respuesta de frecuencias cuando se mezcle el micrófono cercano. Como se ha mencionado, la sala viva perdona más. El micrófono cercano (de manera no sorprendente) parecerá que acerca el instrumento solista al oyente. Si no se exagera esta práctica, el efecto no es un problema mientras se mantenga el equilibrio musical, y los niveles del micrófono cercano no sean cambiados durante la actuación. Todos hemos oído grabaciones realizadas con esta desconcertante práctica. ¿Trompetas sobre patines de ruedas?

Las Mezclas de los Retardos. En un primer pensamiento añadir un retardo al micrófono cercano parece atractivo. Mientras este retardo sincronizará el sonido directo de ese instrumento con el sonido directo de ese instrumento llegando a los micrófonos frontales, la única línea de retardo no puede simular de manera efectiva los otros retardos de las múltiples reflexiones tempranas de la sala que rodean al solista. Las múltiples reflexiones tempranas llegan a los micrófonos distantes y contribuyen a la dirección y profundidad. No llegan al micrófono cercano con una amplitud significativa, comparada con el sonido directo que entra al micrófono cercano. Por lo tanto, aunque las mezclas de los retardos pueden ayudar, no son una panacea. Para ajustar el retardo del micrófono del solista adecuadamente, comience con un retardo calculado por la distancia relativa entre el micrófono solista y el micrófono principal, después enfoque el retardo hacia arriba y hacia abajo en incrementos de 1 ms, hasta que el sonido sea más coherente y enfocado y el solista suene más claro.

La Influencia del Ambiente de la Sala de Control en la Profundidad Percibida

En este punto, muchos ingenieros pueden decir, "¡nunca he notado la profundidad en mi sala de control!" La extendida práctica de colocar los monitores de campo cercano en los puentes de los medidores de las consolas mata casi todo el sentido de profundidad. El filtrado de peine, la difracción del altavoz y las vibraciones desde las superficies cercanas destruyen la percepción de las delicadas señales de tiempo y espacio. La reciente llegada de menores superficies virtuales de control ha ayudado a reducir el tamaño de las consolas, pero busque consejo de un experto en acústica si quiere apreciar o manipular la profundidad en sus grabaciones.

Ejemplos para la Comprobación

Las técnicas estándar de grabación de música en multipistas dificultan a los ingenieros obtener profundidad en sus grabaciones. Los trucos en las mezclas con la reverberación y el retardo pueden ayudar, pero los buenos ingenieros se dan cuenta que el mejor truco es ningún truco: aprender a utilizar pares estéreo en una buena acústica. Hay algunos ejemplos de grabaciones audiófilas que yo he hecho en Chesky Records, que sacan partido a propósito de la profundidad y el espacio tanto de primer plano como de fondo. Sara K. *Hobo*. Chesky JD155. Compruebe la percusión de la pista 3, "Brick House". Johnny Frigo, *Debut of a Legend*. Chesky JD119. Compruebe el sonido de los tambores y del saxo de la pista 9, "I Love Paris". Ana Caram, *The Other Side of Jobim*. Chesky JD73. Compruebe la percusión, violonchelo y saxo de "Correnteza". Carlos Heredia, *Gypsy Flamenco*. Chesky WO126. ¡Póngalo bien alto! Y escuche la pista 1 para el sonido de los cantantes de fondo y las palmas. Phil Woods, *Astor and Elis*. Chesky JD146, por la combinación de sonido natural de intimidad y profundidad del conjunto de jazz.

Impedimentos Tecnológicos para Capturar la Profundidad Grabada

La profundidad es lo primero que sufre cuando la tecnología es incorrectamente aplicada. Aquí hay un resumen de algunas de las prácticas técnicas que cuando se utilizan mal, o se acumulan, pueden contribuir a una imagen grabada aburridamente plana, sin profundidad:

- Técnicas de multipistas y de micrófonos múltiples
- Pequeños/sordos estudios de grabación o grandes salas con una pobre acústica/sin reflexiones tempranas
- Medios de grabación de baja resolución
- Compresión de la amplitud
- Inadecuada utilización del tramado, acumulado procesamiento digital, y procesamiento digital de baja resolución (p.ej., utilizando precisión única en oposición a una precisión doble o mayor)

En Resumen: Al grabar, realizar las mezclas y la masterización - utilice la tecnología de mayor resolución, las mejores técnicas de microfonía, y de acústica de la sala. Procese las pistas sordas con retardos de Haas y reflexiones tempranas, y herramientas de recuperación de ambiente especializadas. Después resucitará la profundidad perdida de sus grabaciones.

---

1 Haas, Helmut (1951), *Acustica*. El artículo original es en alemán. Diferentes autores de habla inglesa han escrito sus interpretaciones de Haas, las cuales puede encontrar en cualquier libro de texto decente sobre técnicas de grabación de audio.

2 Aunque antinatural, sin embargo puede ser interesante. Escuche grabaciones de rock de la era de los 60-70 de los Beatles, Beach Boys, Lovin' Spoonful, The Supremes, Tommy Jamees y los Shondells, y muchos más, en los que los instrumentos o voces en mono se encuentran situados horizontalmente en un lado, y a menudo su reverberación retorno completamente al otro lado.

3 Cuando se añaden los retardos de Haas, escuche atentamente en mono, porque las tasas inadecuadas de retardo pueden provocar filtrado de peine en mono. Una pequeña degradación en mono puede ser tolerable si la mejora es significativa en estéreo. Las reflexiones tempranas, debido a su más compleja naturaleza, son más compatibles con las versiones mono que los simples retardos de Haas.

4 Burroughs, Lou (1974). *Microphones: Design and Application*. Saramore Publishing Company. (Descatalogado). Burroughs cuantificó los efectos de la cancelación de la fase acústica (filtro de peine, interferencias) con micrófonos reales y salas reales y elaboró está regla: la distancia entre los micrófonos debería ser tres veces la distancia entre cada micrófono y la fuente del sonido a la que se está aplicando. Esto es especialmente importante para evitar el filtro de peine, cuando ambos micrófonos están conectados a un único canal, cuando los micrófonos están conectados a diferentes canales (p.ej., estéreo), la degradación será mucho menos perceptible en estéreo, pero todavía será un problema en mono.

Capítulo 18

Las Altas Tasas de Muestreo: ¿Está Esto Donde Debe?

I. Introducción

Ahora que nos hemos curado de la depre de la longitud de palabra - es momento de abordar el asunto de la tasa de muestreo. Sean cuales sean los auténticos beneficios eventuales para el profesional y el consumidor, la incesante carrera actual hacia unas tasas de muestreo más elevadas, es ciertamente muy lucrativa para los fabricantes de *hardware*. Obviamente, los ingenieros que deben reemplazar de manera regular sus caros procesadores de alta resolución para no ser menos que el vecino, se gastarán muchos dólares.

Llevo trabajando varios años con altas tasas de muestreo,* pero después de algunos experimentos que relataré más adelante, he llegado a la conclusión que a la mayoría de los ingenieros de diseño de *hardware* los árboles no les dejan ver el bosque. Creo que una mirada nueva al modo en el que están diseñados los A/D y D/A ¡puede reducir la necesidad de unas tasas de muestreo extremas!

Un gran número de ingenieros creen que la razón por la que las grabaciones con una tasa de muestreo más alta suenan mejor, es porque permiten la reproducción de las altas frecuencias extremas. Señalan al sonido abierto, cálido, extendido de estas grabaciones como la prueba de este argumento.[1] Sin embargo, una prueba más objetiva muestra que un mayor ancho de banda no es la razón de la superior reproducción, recuerde que **las frecuencias adicionales que se graban a través de unas más altas tasas de muestreo son inaudibles.** Pero si no podemos oír estas frecuencias, entonces ¿por qué estamos inventando caros procesadores y derrochando tanto ancho de banda y espacio en el disco duro? ¿Y cómo pueden oídos de 50 años detectar diferencias entre tasas de muestreo de 44,1 kHz y 96 kHz e incluso de 192 kHz, a pesar de que la mayoría de nosotros no podemos oír mucho por encima de 15 kHz?

---

* Fui el ingeniero de grabación del primer DVD de solo audio de 96 kHz/24 bits del mundo.

Creo que la respuesta reside en el diseño de **los filtros digitales de paso bajo,** que son parte de los requerimientos del audio digital. Los filtros digitales son utilizados en el **sobremuestreo de los convertidores A/D y D/A** y en los **convertidores de tasa de muestreo.** Los filtros digitales emplean complejas matemáticas, que son caras de implementar y así, los filtros más baratos tienen que incluir unos mayores sacrificios de la calidad, como una disminuida resolución de cálculo, rizado en la pasa banda, o posibilidades de frecuencias fantasma.

Un tipo de filtro tiene un recorte áspero, las consecuencias de un filtrado áspero incluyen el emborronamiento temporal del audio, unos posibles ecos cortos (milisegundos) que son causados por los rizados de la respuesta de la amplitud en la respuesta de frecuencia de la pasa banda (20 Hz-20 kHz), incluso rizados tan pequeños como 0,1 dB. Mover la frecuencia del filtro de recorte a 48 kHz (para 96 kHz SR) relaja el requerimiento del filtro y facilita a los ingenieros filtros con menos rizado en la pasa banda y menos desplazamiento de fase cerca del limite de las frecuencias superiores.

"Los filtros en un típico reproductor de discos compactos o en los chips de un convertidor, que se utilizan en la mayoría del equipamiento de hoy, están comprometidos matemáticamente."

Sobremuestreo

Una de las mayores mejoras de la tecnología de audio digital llegó en los tardíos 80, con la popularización de la tecnología de sobremuestreo a través de Bob Adams de DBX, en un convertidor A/D de alta calidad, sobremuestreo de 128x, sobremuestreo de 18 bits. Un convertidor **A/D de sobremuestreo** tiene un *front-end* que opera típicamente a 64 o 128 veces la tasa base de muestreo y produce palabras de 1 a 5 bits en un formato delta-sigma,[2] según el modelo. En otras palabras, para un funcionamiento en 44,1 kHz, ¡la entrada de un convertidor de 128x funciona realmente a 5,6448 MHz! El sobre muestreo toma el ruido del convertidor, lo reparte a través de un espectro de frecuencia más amplio, y le da forma, moviendo gran parte del ruido por encima de la tasa de frecuencia audible. Además, cuando se reduce el muestreo de manera digital a la tasa base en la salida del convertidor, parte del ruido de mayor frecuencia es filtrado, para producir una relación señal-ruido de tanto como 120 dB o incluso mejor en un ancho de banda de 20 kHz.

La reducción del muestreo es llevada a cabo a través de un circuito digital denominado un **decimator,** que es una forma de divisor o convertidor de tasa de muestreo, y que debe contener un filtro hacia la mitad de la tasa de muestreo para eliminar las frecuencias fantasmas, en lo que requiere un corte de 22,05 kHz a 44,1 kHz SR. Este filtro debe ser diseñado sin compromisos o afectará al sonido. Algunos fabricantes se concentran en la respuesta de los transitorios, otros en la fase de respuesta, el rizado, la linealidad o la liberación de las frecuencias fantasma. Pero todas estas características son importantes y hacerlo bien es una construcción de precisión cara que requiere más matemáticas, y las matemáticas requieren mano de obra y piezas (la capacidad del circuito integrado se agota). **De este modo, los filtros en un típico reproductor de discos compactos o en los chips de un convertidor, que se utilizan en la mayoría del equipamiento de hoy, están comprometidos matemáticamente.**

En el lado del D/A (salida), a unas tasas bajas de muestreo, se requieren unos ásperos filtros anti-imágenes para mantener la respuesta de frecuencia en 20 kHz. Es poco práctico (probablemente imposible) construir un filtro analógico afilado con las características necesarias, así que en su lugar un filtro

digital de *sobremuestreo* o de *ampliación del muestreo* multiplica la tasa base de muestreo de 2x hasta 8x o más, moviendo la distorsión y los artefactos por encima de la banda audible. La tasa de muestro más elevada permite la utilización de un filtro analógico suave, no comprometido. Pero los típicos filtros digitales que se utilizan en los chips económicos tienen un rendimiento pobre. Para minimizar el efecto de estas concesiones, los fabricantes más avanzados de D/A de frecuencias más agudas añaden un filtro de ampliación del muestreo de diseño propio, delante del chip del DAC. El filtro adicional reduce la aportación de errores del filtro del propio chip, en esencia porque el filtro interno del DAC no tiene que trabajar tan duro. Internamente, estos DAC avanzados están siempre operando a 88,2 ó 96 kHz a pesar de la tasa entrante. En las tasas de doble muestreo, el filtro suplementario está inutilizado. El filtro suplementario sería innecesario si los fabricantes de los chips del convertidor utilizaran en primer lugar filtros de alta calidad.

Una Experiencia de Ampliación del Muestreo

Los audiófilos y algunos profesionales han estado experimentando con las cajas digitales de ampliación del muestreo, que se colocan delante de los convertidores D/A. En algunos casos, informan de una enorme mejora del sonido. Aunque la mejora puede ser real, en mi opinión, puede ser atribuida a las diferentes combinaciones de filtros digitales, no al ancho de banda o a la respuesta de frecuencia o (especialmente) a la propia tasa de muestreo. Recuerde que todas las grabaciones originales de 44,1 kHz SR se encuentran ya filtradas, así que no pueden contener información por encima de unos 20 kHz. Un ampliador del muestreo no puede "fabricar" ninguna nueva información de frecuencias, que no estuvieran allí en un primer momento.

He comparado el sonido de los ampliadores del muestreo frente a los DACs trabajando en solitario. A veces he oído una mejora, a veces una degradación, a veces la calidad del sonido es la misma de cualquier manera. A veces el sonido se hace más brillante a pesar de una respuesta de frecuencia de regla plana, que puede probablemente atribuirse a alguna forma de distorsión de fase o intermodular en el filtro digital. **Las diferencias de sonido se reducen a matemáticas en este nuevo mundo del audio digital.**

El test de Escucha Final: ¿Es el Filtrado o el Ancho de Banda?†

En diciembre de 1996, llevé a cabo una prueba de escucha, con la colaboración de miembros de la lista de correo de Pro Audio. La idea era desarrollar una prueba que eliminaría todas las variables, excepto el ancho de banda, con una tasa constante de muestreo, diseño de filtro, DAC y distorsión constante. La cuestión que queríamos responder era esta: ¿El audio de alta tasa de muestreo suena mejor por el incrementado ancho de banda, o por el filtrado menos intrusivo?

> *"Las cuestiones de la audibilidad del ancho de banda y la audibilidad de los artefactos provocados por la limitación del ancho de banda, deben ser tratados por separado. Desdibujar estas cuestiones solo pueden llevar a discusiones sin fin."* –BOB OLHSSON*

El test que ideamos era la creación de un programa de filtro, que tomara una grabación de 96 kHz, y que comparara el efecto en ella de dos filtros de diferente ancho de banda. El equipo de diseño voluntario consistía en Ernst Parth (código del filtro), Matthew Xavier Mora (*shell*), Rusty Scott (diseñador del filtro) y Bob Katz (coordinador y testador beta). Creamos un programa de filtrado de audio digital con dos filtros impecablemente diseñados, que son matemáticamente

* Del *Mastering Engineer's Webboard.*

† Publiqué previamente parte de esta información en la revista *Audiomedia.* publicamos la historia completa en este libro.

idénticos, excepto que uno recorta a 20 kHz y el otro a 40 kHz. Los filtros están tramados con doble precisión, FIR de fase lineal, 255-tap, con una atenuación del *stopband* >110 dB, y un rizo de la pasa banda <0,01 dB.

Después de diseñado el programa de filtro, tomé una grabación orquestal de 96 kHz SR, la filtré y la introduje de nuevo en un *DAW* de Sonic Solutions para la comparación. Esperaba oír radicales diferencias entre el material filtrado de 20 kHz y el de 40 kHz. ¡Pero no podía! A continuación, compare el material filtrado de 20 kHz con material "no filtrado" (por supuesto, el material había pasado a través de dos fuertes filtros de 48 kHz en el A/D/A). De nuevo, ¡no podía oír ninguna diferencia! La intención era escuchar en doble ciego, pero incluso mirando con vista, 10 oyentes adicionales que tomaron parte en las pruebas (uno a uno) no oyeron ninguna diferencia entre el filtro digital de 20 kHz y ningún filtro. ¿Y si no podemos oír ninguna diferencia con vista, porque llevar a cabo un test ciego?

Probé diferentes tipos de material musical, incluyendo una grabación de micrófono cercano que hice de unas castañuelas (que tienen una considerable información de ultrasonidos), pero aún no había alguna diferencia audible. Entonces cree una prueba que colocaba material filtrado de 20 kHz en un canal de mis auriculares electrostáticos Stax, y el material de amplio ancho de banda alineado temporalmente en el otro canal. No era capaz de detectar ningún desplazamiento, ensanchamiento o estrechamiento de la imagen mental - ¡siempre había un perfecto centro mono en todas las frecuencias en los auriculares! ¡Caray, este debía ser un filtro bastante bueno!

Como un último recurso, volví a la lista y le pedí al participante de la lista de correo Robert Bristow Johnston que diseñara un filtro especial "sucio" con un rizo de 0,5 dB en la pasa banda. Finalmente, con el filtro sucio, pude oír una diferencia... este filtro sucio añadía una calidad de caja que se parecía al sonido de algunos de los reproductores de CD baratos de 44,1 kHz que todos conocemos.

Este test de 1996 parece demostrar que puede diseñarse un "filtro perfecto de 20 kHz", pero ¿a qué coste? También fíjese que como este test fue dirigido en el contexto de una tasa de muestreo de 96 kHz, los artefactos de los otros dos filtros pronunciados ya en uso podrían haber oscurecido o enmascarado el efecto del filtro bajo prueba. Desde que lleve a cabo mi test, otros han probado este programa de filtrado, y la mayoría ha llegado a la misma conclusión: el filtro es inaudible. Un participante de la lista de correo, Eelco Grimm, un escritor e ingeniero residente en Holanda, llevó a cabo el test e informó que no había diferencias audibles utilizando el sistema de Sonic Solutions, aunque él y un colega fueron capaces de distinguir a ciegas diferencias entre filtrado y no filtrado, utilizando una estación de trabajo Augan. No comparo el sonido de los filtros de 20 kHz frente a los de 40 kHz, así que no estamos seguros si estaba escuchando el filtro o el ancho de banda, pero yo creo que estaba escuchando el filtro que no debe estar diseñado de manera ideal. Creo que la razón por la que no oyó diferencias en el sistema de Sonic, es quizás que su distorsión era suficientemente alta para enmascarar las otras diferencias, ¡qué deben ser de hecho muy sutiles!

Sin tener en cuenta si el grupo de Eelco escuchó sin fallos las diferencias del ancho de banda, debería estar claro para ahora, que las supuestas diferencias "dramáticas" que la gente escucha entre los sistemas de tasa de muestreo no es probable que se deban al ancho de banda, sino probablemente al propio diseño del filtro. Irónicamente, fue necesario realizar una grabación de alta tasa de muestreo, para probar que las altas tasas de muestreo pueden no ser necesarias.

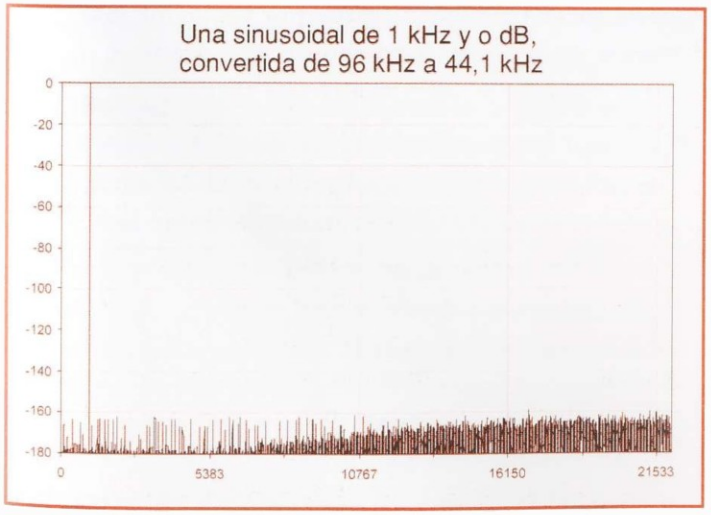
MITO:
La ampliación del muestreo hace que el audio suene mejor creando más puntos entre las muestras, por lo que la forma de onda será menos dentada.

Como mencione, la reproducción de 44,1 kHz ha mejorado considerablemente en los DACs recientes que emplean filtros añadidos de ampliación del muestreo de alta calidad. La siguiente imagen ilustra la medida del THD de Weiss de su SFC, lo que muestra su filtro tiene una distorsión y representación del ruido de manual.

¿Por qué no pueden más fabricantes introducir filtros de esta calidad en los chips de sus convertidores? Todas las pruebas indican que sería mucho menos caro para los usuarios finales si los fabricantes de chips de convertidor mejoran el software de filtrado de sus conjuntos de chip, en vez de dirigirnos a esta loca, cara guerra de la tasa y formato de muestreo. Los experimentos objetivos deben ser realizados utilizando filtros digitales de vanguardia, para determinar cual es la menor tasa de muestreo práctica que puede ser utilizada sin un compromiso audible.

¡Es una Cuestión de Tiempo!

Seamos lógicos: como el oído humano no puede oír por encima (nominalmente) de 20 kHz, entonces todos los artefactos que estamos oyendo deben encontrarse en la banda audible. Es bien sabido que la baja Q paramétrica y los filtros en estantería suenan mejor que una Q alta, esto no es un modo de concluir que esto es también verdad para los filtros de paso bajo. El investigador del audio Jim Johnston,* que sabe tanto sobre la respuesta en el dominio temporal del oído como cualquiera, ha mostrado que los filtros pronunciados de paso bajo crean pre-ecos que el oído interpreta como una pérdida de respuesta de los transitorios, lo que oscurece la agudeza o claridad del sonido.



La distorsión y representación del ruido de un convertidor de frecuencia de muestreo Weiss.

La longitud del pre-eco es la inversa de la transición del ancho de banda, así que un filtro afilado con una transición de 500 Hz crearía un pre-eco de 2 ms. Un filtrado pronunciado y su correspondiente degradación de transitorios, es probablemente una razón por la que 44,1 kHz SR suenan menos claros que 96 kHz. Así mismo, la incrementada claridad y pureza de las grabaciones de 1 bit, se debe probablemente a su utilización de unos suaves filtros, en vez de algún galimatías sobre la "magia" de 1 bit. Jim ha calculado de manera experimental que la mínima tasa de muestreo, que soportaría un filtro Nyquist suficientemente suave para eludir el oído, sería de 50 kHz.[3] Sugiero que los fabricantes y los ingenieros deben comprobar tan pronto como sea posible la audibilidad de los filtros de paso bajo suaves, en la tasa de muestreo más común de 96 kHz. Sería banal construir un sistema A/D/A de 96 kHz SR con el filtro más suave posible que sea plano a 20 kHz, y que elimine las frecuencias fantasma a 48 kHz, pero ningún fabricante de chips ha hecho esto. Este sistema podría ser comparado con la fuente analógica, y con el sistema de grabación DSD rival. Si el suavemente filtrado PCM gana o suena igual de bien, sería el triunfo de la investigación psicoacústica sobre el diseño empírico. Aún así, puede ser mostrado que el DSD de buen sonido, del lado del consumidor, es más barato de implementar que la reproducción suavemente filtrada

* En correspondencia. JJ es el inventor de la ciencia de la codificación de percepción, que ha llevado a desarrollos de codificación como el MP3, Atrac, etc.

PCM de buen sonido, es más barato para nosotros grabar y procesar con PCM suavemente filtrado y convertir finalmente a DSD para el consumidor (de cualquier manera, así es como funcionan la mayoría de los DAC de 1 bit).

Creo firmemente que alguna mínima tasa de muestreo (quizás 96 kHz) será todo lo necesario si los convertidores PCM son rediseñados con filtros de corrección psicoacústica (felizmente económicos). Para beneficio de un sin número de consumidores y profesionales, necesitamos hacer un análisis de costes de la película completa, en vez de correr a toda velocidad hacia la bancarrota.

Las Ventajas de Remasterizar Grabaciones de 16/44,1 a unas Tasas Mayores

Investigadores como J. Andrew Moorer de Sonic Solutions, y Mike Story de dCS han demostrado las mejoras teóricas de trabajar a una tasa de muestreo más alta. Moorer observaba que el procesamiento de postproducción, como el filtrado, ecualización, y compresión, dará como resultado una menor distorsión de la banda audible, ya que los errores son extendidos dos veces a lo largo del ancho de banda - y la mitad del ancho de banda está por encima de 20 kHz.[4] La mediciones discutidas en el Capítulo 16 confirman estas conclusiones. Además, como hemos visto antes, si después del procesamiento es una DVD-A o un SACD, entonces el master puede dejarse a la tasa de muestreo y longitud de palabra más alta, evitando otra generación de tramado de 16 bits que vela el sonido y así otro filtro afilado al final del proceso. Por lo tanto, los consumidores no deberían burlarse de los DVDs que han sido remasterizados digitalmente de originales a 16 bits/44,1 kHz. Ellos están obteniendo el valor de una auténtica calidad de sonido audiófila en sus remasterizaciones.

---

1 Otros ingenieros que no comprenden completamente la naturaleza del PCM sostienen que la más alta tasa de muestreo suena mejor porque parece crear una onda sinusoidal de 20 kHz más exacta, ya que hay más "puntos para conectar" para describir la onda. Pero esto es erróneo, aunque hay más "puntos", en realidad solo dos muestras son necesarias para definir una onda sinusoidal no distorsionada de 20 kHz, el filtrado de paso bajo suaviza la forma de la onda y elimina todos los fallos.

2 DSD, también conocido como 1 bit o **Direct Stream Digital,** una marca comercial de Sony y Philips es le formato del SACD y emplea una forma de modulación Delta-Sigma. La modulación delta-sigma es el muy denso formato de código nativo de la primera etapa de los convertidores de sobremuestreo de hoy, unos 2,8 Mbits por segundo en oposición al PCM, **Pulse Code Modulation,** de 44,1 kHz/16 bits, que funciona a unos 1,4 Mbits por segundo. Cuando estudia el diagrama de bloques de una cadena grabación-reproducción la diferencia importante entre utilizar el formato DSD y el PCM es que PCM requiere de un pronunciado filtro Nyquist hacia la mitad de la tasa de muestreo (unos 20 kHz con 44,1 kHz SR).

3 Esto se basa en la longitud del filtro *orgánico* más corto en el oído humano, y Jim Johnston señala que el número de 50 kHz se ajusta bien al trabajo original con filtros de *antialiasing*. realizado por Tom Stockham para el proyecto Soundstream.

4 Julian Dunn (en correspondencia) clarifica: Da como resultado una reducción de 3 dB en la distorsión porque los errores son extendidos entre dos veces el ancho de banda. Esto es cierto para los errores de cuantización **no correlacionados** que caen por igual a lo largo del rango de frecuencia de dc a fs/2 y no funciona para productos de la distorsión que se correlacionan con la señal. Jim Johnston (en correspondencia) indica que el procesamiento a unas tasas más elevadas es **requerido** en cualquier procesamiento no lineal, como la compresión. Estos procesos no lineales producen nuevos componentes de frecuencia, algunos a unas frecuencias más altas. Una tasa de muestreo suficientemente alta evita las frecuencias fantasma de estos nuevos componentes de frecuencia (véase Cranesong y Weiss FFTs en el Capítulo 16).

Capítulo 19

La Inestabilidad de Fase: Separando los Mitos de los Misterios

I. Introducción

Uno de los fenómenos menos comprendidos, y más difíciles de explicar en el audio digital es la **inestabilidad de fase** (*jitter*). Para entender de verdad la influencia de la inestabilidad de fase en sus grabaciones digitales tendrá que hacer caso omiso a años de experiencia analógica. En una película clásica de los Hermanos Marx, la novia de Groucho le pilla abrazando a otra guapa mujer. Para defenderse, Groucho bromea, "¿Vas a creerme a mi o tus propios ojos?". Déjeme aplicar esto al audio y preguntar, "¿Va a creer los datos o sus propios oídos?" Ya que en este loco mundo del audio digital, en ocasiones tiene que abandonar los testimonios de sus sentidos y aprender un sentido completamente nuevo, pero uno que se encuentra afortunadamente basado en principios físicos bien establecidos.

En 1980, como la mayoría de los sistemas de sonido, convertidores A/D y D/A y procesadores tenían una resolución tan baja, los errores de inestabilidad de fase estaban muy abajo en la lista de prioridades. La no linealidad, la modulación del ruido, el truncamiento, el tramado inadecuado, las frecuencias fantasma y otros errores creaban problemas audibles que tendían a desbordar los efectos de la inestabilidad de fase. Pero hoy, que el rendimiento del audio alcanza frecuentemente un nivel de 20 bits* y en ocasiones lo excede, la inestabilidad de fase ha levantado su fea cabeza. Los síntomas de la inestabilidad de fase imitan los síntomas de otros problemas del convertidor - sonido poco nítido, desenfocado, estridente, una reducida estabilidad de la imagen, perdida de profundidad, ambiente, imagen estéreo, de escenario sonoro, y espacio - aunque habitualmente de una manera sutil, y puede llevar tiempo, incluso a un oído crítico, aprender a identificarlos.

¿Qué causa estos problemas? ¿Está nuestro audio digital siendo afectado por la inestabilidad de fase en

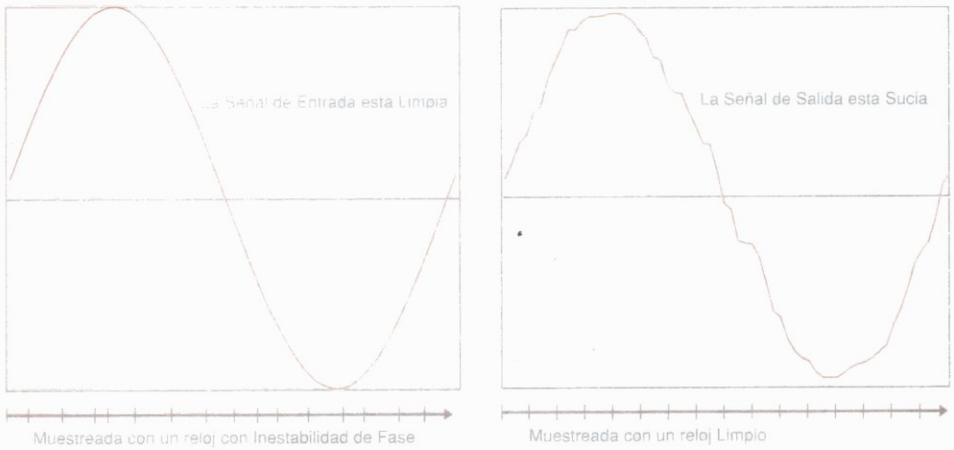
* En raras ocasiones los equipos típicos exceden un rendimiento de 20 bits, como pronto veremos.

MITO:
Las unidades de reducción de inestabilidad de fase mejoran el sonido de los procesadores digitales.

nuestros relojes? La respuesta sencilla es: ¡A veces sí, la mayoría de las veces no! Llevará un capítulo completo solucionar esto.

II. ¿Qué es la Inestabilidad de Fase?

El audio digital se basa en el concepto del muestreo a intervalos regulares. Para mantener estos intervalos constantes se requiere de un reloj consistente. Si la frecuencia del reloj varia durante la conversión A/D, después, debido a que la forma de onda se encontrará en la amplitud errónea en el lugar equivocado cuando el audio digital se vuelva a reproducir, el audio estará permanentemente distorsionado.

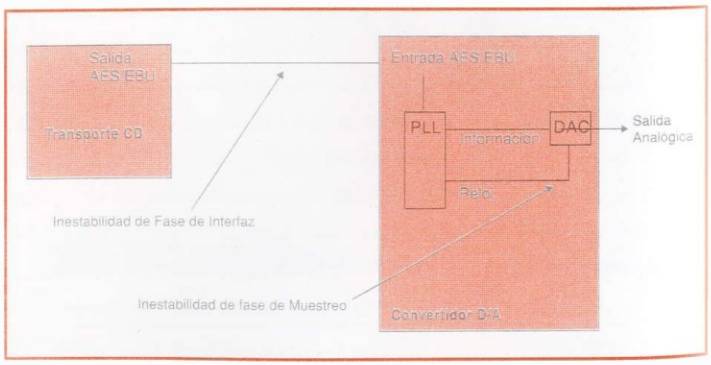


La inestabilidad de fase durante la conversión A/D provoca una distorsión permanente

Esto es por lo que es crítico tener un reloj consistente durante la conversión A/D. De manera similar, un reloj inconsistente producirá distorsión durante la conversión D/A. Llamamos a esta inconsistencia *inestabilidad de fase*. Un periodo de un reloj de 44.1 kHz es 22,7 µs.* Sorprendentemente, variaciones en la duración de ese periodo tan cortos como 10 picosegundos pueden provocar artefactos audibles, dependiendo de la calidad del sistema de reproducción y su propia agudeza auditiva. A medida que la tasa de muestreo aumenta y la longitud de palabra se alarga, la inestabilidad de fase debe ser disminuida proporcionalmente para mantener la calidad del sonido, porque la inestabilidad de fase produce bandas laterales (frecuencias adicionales, o tonos) que enmascaran los detalles interiores de una grabación.

Podemos medir la inestabilidad de fase en dos lugares:
1) **inestabilidad de fase de la interfaz,** la inestabilidad de fase presente en las interconexiones de los equipos, o
2) **inestabilidad de fase del muestreo,** la inestabilidad de fase del reloj que conduce el convertidor. Y podemos medir los efectos de la inestabilidad de fase en los convertidores, utilizando unas señales de prueba analógicas y digitales especiales. Si un convertidor tiene un excelente **rechazo de la inestabilidad de fase** interno, entonces la alta inestabilidad de fase de la interfaz puede no dar lugar a inestabilidad de fase del muestreo. En otras palabras, puede tener una interfaz o un cable que provoque inestabilidad de fase, y esto no le importaría un bit a un convertidor bien diseñado. En este capítulo, estamos sobre todo interesados en la inestabilidad de fase del muestreo, porque, como veremos, la inestabilidad de fase de la interfaz es raramente importante a menos que provoque una ruptura en la comunicación entre dispositivos.

En la figura de arriba puede ver que depende del PLL† en el DAC crear el reloj de muestreo. Si es un



* Un microsegundo (µs) es una millonésima de un segundo. Un picosegundo es una millonésima de una millonésima de un segundo, o 10^{-12} segundos.

† PLL es Bucle de Fase (*Phase Locked Loop*). Su manejo se explica más adelante en el capítulo.

soberbio PLL (muy raro), entonces ninguno de los artefactos de la inestabilidad de fase de la interfaz entrante se transmitirá al reloj de muestreo.

III. Inestabilidad de Fase, Cuando Sucede, Cuando No

Si saltar a conclusiones sobre la inestabilidad de fase fuera un evento Olímpico, los ingenieros de sonido ganarían la medalla de oro. Una completa subcultura audiófila se ha desarrollado alrededor de los cables digitales y las unidades de reducción de inestabilidad de fase en un intento de obtener una mejor reproducción, lo que ha llevado a los ingenieros a cambiar cables en cualquier lugar en el que hayan oído que este reemplazo marca una diferencia, o experimentar con relojes externos "estables", cada uno de los cuales produce un sonido diferente.* No les echo la culpa a ellos por intentarlo, pero en general, los cables y los generadores de señal de reloj son solo tiritas para problemas de inestabilidad de fase que deberían en última instancia ser resueltos **dentro** de los convertidores. Ningún cable puede eliminar los inherentes problemas de inestabilidad de fase en la interfaz AES/EBU-SPDIF, porque el reloj embebido interactúa con el flujo de información. Por lo tanto, las unidades externas de reducción de inestabilidad de fase estarán siempre limitadas en su efectividad, porque la inestabilidad de fase puede ser incrementada en la salida de la interfaz, entre el reductor de inestabilidad de fase y el D/A.

Como los ingenieros oyen mejoras con mejores cables[19] (y unidades de reducción de inestabilidad de fase) conectados a sus D/A, llegan a la conclusión de que esos mismos cables mejorarán sus procesadores de audio digitales. Pero esto es (en gran parte) un concepto erróneo.† Recuerde: **los procesadores de audio procesan información, no la cronometran.** Si escucha en una diferencia, es porque un reloj más limpio se ha pasado al convertidor D/A; pero no hay diferencia en los datos que se procesan. ¡Crea los datos, no sus propios oídos! El problema en la escucha es efímero, y tiene también una solución inmediata - ¡obtenga un mejor DAC!

Como Mentir con las Mediciones

La inestabilidad de fase del reloj puede producir unos insidiosos artefactos de audio en los convertidores. La mayoría de las especificaciones de los fabricantes esconden estos artefactos porque no han todavía establecido un estándar de medición de los efectos de la inestabilidad de fase en los convertidores. Por ejemplo, algunos recientes convertidores A/D (y unos pocos D/A) ahora informan de tasas señal-ruido excepcionales >120 dB, equivalentes teóricamente a un rendimiento >20 bits, pero ¿es esto verdad en la práctica? Estas cifras se obtienen por el método tradicional de calculo de las tasas señal-ruido: primero midiendo una señal de escala completa, después eliminando la señal y midiendo el ruido analógico residual. Pero esto no tiene en cuenta el ruido (o distorsión) adicional cuando la señal está presente. Por lo que a mi se refiere, *las mediciones tradicionales de la tasa señal-ruido del audio (casi) no tienen relación con el sonido de un convertidor cuando está recibiendo señal.* Esto es lo que cuenta en algunas de las previamente inexplicables diferencias de sonido ente los convertidores. La mayoría de las mediciones de la *tasa señal-ruido* citadas en los manuales son por tanto irrelevantes, y la mayoría de la gente nunca ha escuchado una autentica representación de 20 bits, y aun menos de 24.

> *"Las mediciones tradicionales de la tasa señal-ruido del audio (casi) no tienen relación con el sonido de un convertidor cuando está recibiendo señal."*

* Llevando al efecto "Señal de reloj Du Jour", como veremos. Y una reseña errónea de un DAC en una revista audiófila se maravillaba de un DAC "que revelaba" ¡diferencias de cables!

† En breve describiremos el infinitesimal número de excepciones.

La Transferencia Digital. De manera ideal, el PLL del convertidor debería rechazar por completo la inestabilidad de fase entrante con su circuito de reloj alisante, pero si el PLL tiene una inadecuada *atenuación de inestabilidad de fase*, pasará parte de la inestabilidad de fase de la interfaz al reloj de conversión crítico. El tipo de inestabilidad de fase no eliminada de sonido más flagrante es la **inestabilidad de fase dependiente de la señal**, producida por los diseños de las interfaces externas como AES/EBU y SPDIF. Aunque la inestabilidad de fase dependiente de la señal es análoga a la oscilación de frecuencia de la cinta analógica, se parece mucho más a la transferencia de la cinta analógica, porque es dependiente de la señal y añade una calidad poco nítida al sonido. Alrededor de 1975, el fabricante de cinta analógica BASF demostró que una cinta analógica con una transferencia inferior puede sonar más limpia y más silenciosa que una cinta con un nivel de siseo inferior y una transferencia más alta.[1]

De manera similar, un convertidor que de manera exitosa rechaza la inestabilidad de fase puede sonar mucho más limpio que otro con un ruido base absoluto inferior. ¡Hable sobre la mentira de las estadísticas! La inestabilidad de fase puede producir efectos dependientes de la señal (que producen distorsión intermodular entre la tasa de muestreo y la señal de audio), efectos aleatorios (que se traducen en un ruido base aleatorio más alto, que también puede ser dependiente de la señal), y específicos efectos de frecuencia (como otros relojes de la caja que producen tonos aleatorios e intermodulación entre los otros relojes y el reloj principal de muestreo). Algunos de estos efectos son más benignos para el oído que otros, lo cual es el porqué de que sea tan difícil colocar un único número significativo a la inestabilidad de fase.

"La mayoría de los procesadores digitales son completamente inmunes a la inestabilidad de fase"

Medios de Almacenamiento

No hay inestabilidad de fase en un medio de almacenamiento - solo la información es almacenada, no el reloj. Así mismo, no hay reloj en un disco compacto. Un nuevo reloj se genera durante la reproducción, y por lo tanto la inestabilidad de fase entra en juego solo cuando la información es sincronizada fuera del medio. Los bits son habitualmente almacenados de una manera muy regular, en los discos duros, la información puede estar desordenada, no contigua, y ampliamente esparcida. Los datos almacenados en CD (en formato EFM) deben ser descifrados y descodificados durante la reproducción, y la información de un DAT es almacenada en bloques separados, pero ninguno de estos formatos de almacenamiento pueden ser denominados *inestabilidad de fase*, ya que el tiempo no se encuentra implicado hasta que la información se reproduce. Así que, si esta buscando las causas de la inestabilidad de fase en la reproducción, tiene que estudiar el mecanismo completo.

Durante la reproducción la cantidad de inestabilidad de fase del reloj del dispositivo de salida es determinada por la calidad del servo, el *buffer*, y la circuitería de reloj que conduce la información. Los fabricantes difieren ampliamente en sus habilidades para mantener los relojes de salida bajo control, y la estabilidad del reloj simplemente no es importante para la tecnología original basada en ordenador, que hemos adaptado ahora al audio digital. De hecho, las interfaces estándar del disco duro del ordenador (p.ej., SCSI, IDE) son *asíncronas* (no sincronizada), tienen una salida completamente irregular. La inestabilidad de fase equivalente de una interfaz SCSI es enorme, ya que en un momento, puede no haber datos, en otro momento, hay un flujo de muchas veces el tiempo real. Cuando se utilizan estas interfaces no

sincronizadas, es el deber de la siguiente circuitería hacer que la información se ajuste a un reloj uniforme.

La Inestabilidad de Fase de las Mezclas Digitales y el Procesamiento no Afecta a la Información...

... cuando está llevando a cabo unas mezclas completamente digitales en la mayoría de las consolas digitales. Después de la inicial conversión analógica-digital (esperemos con un reloj de baja inestabilidad de fase) la información puede pasar de procesador a procesador, de medio a medio, sin reparar en la inestabilidad de fase del reloj - solo mientras la inestabilidad de fase de la interfaz sea lo suficientemente baja para permitir una transferencia sin errores. De manera similar, la inestabilidad de fase del reloj no tiene efecto en el rendimiento de la mayoría de los ecualizadores, limitadores, o compresores digitales periféricos, que son casi todos *máquinas de estado.* Una máquina de estado se define como cualquier tipo de procesador que produce una salida idéntica para una misma información de entrada, y que no mira a la sincronización de los datos o la velocidad, sino solo en el estado o historia reciente de la información. **En otras palabras, la mayoría de los procesadores digitales son completamente inmunes a la inestabilidad de fase.** Con una máquina de estados, puede hacer al reloj completamente irregular, o incluso ralentizarlo a 1 muestra por segundo, y finalmente, el procesador sacaría todas las palabras correctas de la información. Cuando estas palabras se reproduzcan a la velocidad adecuada y con un reloj limpio, todo irá bien.

Todos los procesadores de sobremuestreo profesionales actuales - como los ecualizadores y los compresores - son máquinas de estado. Utilizan convertidores síncronos para doblar la tasa de muestreo interna, y como los convertidores síncronos son máquinas de estado, se aplica la misma regla.[2] Cualquier máquina de estados puede ser implementada desconectada de un ordenador y sin un reloj, ya que el *tiempo real* y la *inestabilidad de fase* no tienen significado.

Con procesadores digitales de tono como Autotune™ la explicación es un poco confusa, pero estos no están afectados por la inestabilidad de fase. Los procesadores de tono no son máquinas de estado, debido a sus algoritmos de aleatoriedad, muchos de estos procesadores de reajuste de tono producen una diferente salida de la misma pieza musical, cada vez que son puestos en marcha. Pero miran a cada muestra entrante, una a la vez, sin tener en cuenta la regularidad del reloj conectado a la caja. Como sabe, estos reajustadores de tono pueden funcionar desconectados de un *DAW*, a cualquier velocidad, sin un reloj.[3]

> *"No confunda el mensajero con el mensaje"* —Andy Moorer

La Inestabilidad de Fase Afecta a la Monitorización

La inestabilidad de fase resulta habitualmente significativa en una mezcla digital solo durante la monitorización, cuando la información es sincronizada fuera de un convertidor D/A. Esto es donde todo el mundo se hace un lío completamente, como la novia que le pilló a Groucho Marx durante su escarceo (probablemente era culpable de cualquier manera). Déjeme enfatizar: una inestabilidad de fase elevada durante la monitorización **parece** afectar a la calidad de sonido global, pero en realidad solo afecta a esa experiencia de escucha individual, y no tiene efecto en la información. **No confunda el mensajero con el mensaje.**[4] **El mensaje (la información) permanece intacta, así que si suena raro, eche la culpa al mensajero (el reloj dentro del monitor DAC).** Esto es lo que yo denomino "inestabilidad de fase efímera". Si

mejora sus conexiones y el sonido mejora, esto no quiere decir que los ecualizadores digitales estén de repente funcionando mejor - solo significa que un reloj más limpio está llegando al convertidor D/A.

La inestabilidad de fase afecta a la información durante una mezcla digital solo...

- cuando deja el campo digital para utilizar procesadores analógicos periféricos, deben utilizarse por lo tanto convertidores y sincronizadores de primera calidad para las conexiones del equipo periférico.
- Algunas consolas digitales contienen convertidores de tasa de muestreo asíncronos (ASRC). Estos tipos de SRCs utilizan filtros variables basados en una estimación continua de la tasa de muestreo entrante, y por lo tanto son sensibles a la inestabilidad de fase del reloj. Un SRC asíncrono no es una máquina de estado y producirá una salida diferente cada vez que se ponga en marcha. Debería cuestionar la calidad de cualquier ASRC, y tratar de llevarla al reloj de mayor calidad. Este es un asunto serio especialmente en las consolas de bajo coste, cuyos relojes se encuentran a menudo comprometidos por economía, y especialmente cuando la consola es manejada típicamente por un reloj externo (de palabras), que coloca la carga de la reducida inestabilidad de fase en un PLL barato en el interior de la consola. No soy aficionado a las consolas que contienen ASRCs, a menos que puedan ser completamente evitadas cuando no son necesarias. Los chips ASRC modernos contienen sofisticados algoritmos de reducción de la inestabilidad de fase y tienen una relativa baja distorsión, así que el rendimiento de la consola es ligeramente degradado. El efecto audible es un ligero velado o disminución de la estabilidad de la imagen estéreo, a mis oídos, de alrededor de un 90% de la calidad original del sonido. ¿Podemos aceptar el 90%? Le dejo a usted que decida.

Las Mezclas Analógicas

Claramente, la inestabilidad de fase importa cada vez que una conversión tiene lugar. Por lo tanto, cuando se mezcla con una consola analógica y un multipistas digital, la inestabilidad de fase es extremadamente crítica. A diferencia del consejo dado por los fabricantes de dispositivos de distribución de señal de reloj, yo recomiendo que los ingenieros de mezclas prueben poniendo en marcha el multipistas o los convertidores D/A sobre el reloj **interno**, puede sonar mejor. Los fabricantes de cajas de sincronización periféricas están intentando venderle equipos que en todos los casos son una tirita y no una cura - así que investigue, examine las mediciones y pruebe antes de comprar. En un mundo ideal, el convertidor debería manejar cualquier conexión de reloj razonable o interfaz de cable sin afectar al sonido, y ahora existen un puñado de convertidores que cumplen con este requerimiento. Las mediciones expertas y los buenos tests subjetivos son difíciles de conseguir, así que conserve el artículo de revista o el libro que proporcione una buena información del rendimiento de la inestabilidad de fase de su convertidor favorito. Sea consciente de que es mucho más fácil diseñar un reloj de cristal estable, que un PLL, que tiene que realizar una doble tarea como un oscilador y rechazar la inestabilidad de fase entrante. [5] Por lo tanto, cualquier convertidor o grabador multipistas razonablemente diseñado puede responder mejor sobre reloj interno, y en un convertidor superior, el rendimiento sobre reloj externo puede solamente ser tan bueno como el interno, pero no mejor. Si un convertidor lo hace mejor sobre externo, esto debería verse como una crítica de la calidad del reloj interno.

Sin embargo, las señales de reloj periféricas son útiles para sincronizar los procesos de no conversión, ¡y en un mundo perfecto deberían ser utilizados para conducir **únicamente** convertidores! Sé que esto va en

contra de la "sabiduría" común, pero no contradice los principios básicos del diseño del audio digital. Más adelante en este capítulo presentaremos algunas mediciones para ayudar a guiarle, mediciones que puede repetir con equipos que se pueden adquirir fácilmente y señales de prueba. Es sorprendente que pocos fabricantes sacan partido de estas simples técnicas de medición, o quizás están demasiado avergonzados para publicar la información.

Los Requerimientos de Estabilidad del Reloj para los Convertidores

Un oscilador corriente de cristal es suficiente para un ordenador que procesa información, pero los convertidores de audio requieren un oscilador *master* extraordinariamente estable. Obtener un rendimiento de 20 bits a 44,1 kHz SR requiere una estabilidad del oscilador (inestabilidad de fase) a/o inferior a 25 picosegundos pico a pico.[6] Un nanosegundo (1000 picosegundos) en el dominio digital equivale a un GHz, que es por lo que una circuitería crítica del convertidor debe ser protegida y aislada de incluso el más diminuto RFI o filtración de reloj, que pueda entrar a través de la fuente de alimentación, masas, o emisiones. Ahora debería ser obvio porque los convertidores de buen sonido son raros y caros.

Los Efectos de la Sincronización Interna frente a los Diferentes Métodos de Sincronización Externa en el Rendimiento del Convertidor

Hay dos maneras de sincronizar un convertidor: a) a través de la **Sincronización Interna,** en la que un reloj de cristal estable situado en el interior del convertidor maneja directamente la circuitería. En un diseño excelente, un reloj de cristal situado muy cerca de la aguja del reloj de muestreo del chip del convertidor, producirá el mejor rendimiento de audio. b) **Sincronización Externa,** que requiere habitualmente un bucle de fase (PLL), un circuito crítico y cascarrabias, el culpable principal de los artefactos inducidos por la inestabilidad de fase del convertidor. El PLL tiene que filtrar inestabilidad de fase provocada por unos pobres relojes de fuente y por la interferencia a lo largo del cable que lo lleva al reloj. Por lo tanto, el uso habitual de cables de señal de reloj no equilibrados puede producir bucles de masa en la misma señal del reloj.

Ejemplos de Sincronización Externa:
i) **Sincronización AES/EBU,** que es propensa a la *inestabilidad de fase relacionada con la señal,* como primero ilustraron Chris Dunn y Malcolm Hawksford en su ensayo seminal para el AES *Journal.*[*] A pesar de que el AES/EBU "negro" producirá un reloj más limpio que el AES/EBU con señal, con un típico PLL. Pero un PLL "inteligente" no producirá *inestabilidad de fase relacionada con la señal,* también conocida como *inestabilidad de fase modulada en el programa o inestabilidad de fase dependiente de la información.*
ii) **Sincronización de la señal de reloj,** que puede producir una inestabilidad de fase extremadamente baja, porque el PLL requerido es más simple. A pesar de esto, solo un puñado de los convertidores que he probado tienen una degradación inaudible debida a la inestabilidad de fase bajo la señal de reloj, ¡e incluso menos bajo AES/EBU! Esto significa que puede tener que reevaluar su actual elección de convertidor si quiere obtener un rendimiento audiófilo al acoplarse al video.
iii) **Sincronización de superreloj,** que puede requerir o no de un PLL, según la frecuencia del superreloj y el diseño del convertidor que lo recibe. No regalan nada, y los fabricantes deben todavía prestar atención a los asuntos de la inestabilidad de fase con el superreloj.
iv) **Otras Interfaces.** La industria de la informática esta continuamente reinventando la rueda y de paso la industria del audio esta a punto de adoptar la última rueda, una interfaz de ordenador con mucha inestabilidad de fase conocida como Firewire o MLAN. Para

---

* Dunn, Chris & Hawksford, Malcolm. Is The AES/EBU/SPDIF *digital audio interface flawed? Journal of the AES,* edición preliminar 3360 octubre de 1992.

una inestabilidad de fase menor se requerirá de una señal de reloj suplementaria o de un cable interno de sincronización. Dejemos que Firewire lleve la información, pero no el reloj. Predigo que la calidad del sonido inicialmente caerá en picado cuando Firewire se imponga, hasta que los fabricantes presten una mayor atención a los asuntos de la inestabilidad de fase.

IV. Como Obtener el Mejor Rendimiento de los Convertidores

La Inestabilidad de Fase A/D Afecta Permanentemente a la Grabación

En 1988, todos los convertidores A/D disponibles me dejaban frío, así que construí la primera implementación en funcionamiento de la tecnología de sobremuestreo de Bob Adam, de DBX, más tarde comprada y refinada por Ultra Analog. Unos cuantos ingenieros se pegaron a esta tecnología, y en mi opinión, la calidad de los convertidores a medida Ultra Analog fue imbatible por casi 10 años, cuando finalmente llegaron unos cuantos A/D profesionales de gama alta que sonaban igual de bien, y con el tiempo, mejor. Siempre trabajo con A/D bien diseñados en sincronización interna para un mejor rendimiento, a menos que se este haciendo video, cuando deben ser desactivados externamente.[7] El A/D debería ser el reloj *master* en cualquier sistema a la hora de grabar, y el D/A el *master* cuando se reproduzca. Recuerde, la inestabilidad de fase en un A/D se traduce en distorsión, que nunca puede ser eliminada.

La Importante Inestabilidad de Fase Baja del D/A en la Escucha

Hasta hace poco, los convertidores D/A profesionales también me dejaban frío, y a lo largo de más de 10 años recurrí a la utilización de unidades de consumo a medida (audiófilas) que mostraban, para mis oídos, una profundidad, espacio y tonalidad superior. Sin embargo, aunque las unidades profesionales fueron avanzando lentamente en términos de inmunidad a la inestabilidad de fase, la mayoría de las unidades de consumo y audiófilas - que nunca fueron destinadas a rechazar los altos niveles de inestabilidad de fase, que se encuentran en un estudio de grabación digital complejo - no lo hicieron. Así que tenía que sufrir un sonido inconsistente, según la fuente conectada al convertidor D/A. Solo recientemente han aparecido unos cuantos DACs profesionales tanto con una circuitería analógica de buen sonido y una virtual inmunidad a la inestabilidad de fase entrante.

En el año 2000, instalé un nuevo convertidor en nuestra *suite* de masterización, cuya clave para un rendimiento de baja inestabilidad de fase es tener a **todos** los convertidores operando desde un reloj común del bus *master*, así que ya no hay la cuestión de conmutar el reloj al grabar o reproducir. El origen de este reloj de bus puede ser un oscilador interno, AES/EBU, o señal de reloj.[8] Debe haber solo un reloj *master* en un sistema a la vez. Cada dispositivo de reproducción (p.ej., DAT, CD) debe o bien depender de este reloj, o debe convertirse en master. Esto plantea una cuestión fundamental de técnica. ¿Cómo coloca al reloj master en el lugar en el que pertenece (dentro de los convertidores), y todavía es capaz de reproducir DATs y CDs? La solución es utilizar transportes de calidad profesional que tengan conexiones de señal de reloj externas.

He probado todas las posibilidades de sincronización con este nuevo convertidor, que es altamente inmune a la inestabilidad de fase en todas sus interfaces. Aunque he oído y medido una ligera mejora con cada mejora en la sincronización, con el reloj interno funcionando mejor que el WC y mucho mejor que AES/EBU (como se predeciría de la teoría). Cuando instalé un transporte de CD que dependiera

externamente, fue una sorpresa tan agradable, escuchar CDs que sonaban mejor que nunca, que ¡me tomé, lleno de placer, el día libre para disfrutar de parte de mi música favorita antes de volver al trabajo! Las mediciones de inestabilidad de fase parecen confirmar estos resultados, y conducen a la conclusión de que los artefactos de la inestabilidad de fase deben estar cerca del ruido base para resultar inaudibles.

Por lo tanto, ¿qué supone hacer un convertidor que produzca únicamente efectos **inaudibles** de la inestabilidad de fase? La respuesta es tiempo, investigación, e implementación del diseño crítica. Los ingenieros que produjeron este convertidor de primera calidad emplearon un año humano solo en el bucle de fase, y un año más en los detalles del convertidor. Los fabricantes de convertidores exitosos deberían dominar las técnicas de distribución del tablero del PC, de masa, de distribución interna del reloj, y la inmaculada separación de las señales digitales y analógicas. Las cosas van mejor. Pero *caveat emptor.*[*]

¿Necesitamos preocuparnos sobre los cables que producen diferencias sonoras con convertidores propensos a la inestabilidad de fase? Cuando utilizaba un convertidor propenso a la inestabilidad de fase, hice un gran esfuerzo limpiando la trayectoria de los cables, utilizando cable de adecuada impedancia, evitando bucles de masa, etc., y esto resultó en una monitorización mejorada. Pero de verdad, puede utilizar impedancias desiguales (p. ej., 110 ohmios a 75 ohmios) sin ninguna preocupación de que la inestabilidad de fase afecte a la información. Sin embargo, a altas tasas de muestreo la falta de concordancia en las impedancias es más probable que provoque una pobre transmisión de la señal (y a propósito, alta inestabilidad de fase de interfaz), lo que da lugar a fallos o pérdidas, así que es acertado hacer que su cableado funcione junto. Las conexiones digitales equilibradas pueden también reducir la radiación RF en las etapas analógicas sensibles, y mejorar el rendimiento de los convertidores propensos a la inestabilidadde fase.

Internet y la Inestabilidad de Fase

A medida que los estudios empiezan a colaborara través de Internet, los asuntos de la inestabilidad de fase serán incluso más desafiantes, ya que las líneas DSL y T1 son notoriamente propensas a la inestabilidad de fase. Quizás podría ser posible utilizar un reloj *master* situado en un reloj de satélite GBS, siempre que un reloj derivado de GBS pueda manejar un convertidor con la baja inestabilidad de fase requerida. O quizás la solución será instalar un *buffer* elástico en el lugar en el que las fuentes de Internet entran en las tomas de Internet del edificio.

El Milagro de la Santa Resurrección del DAT

Siempre deseando ver lo lejos que pueden ser llevados los equipos, decidí hacer una demostración de la veracidad de las leyes de la física en una Convención de la AES hacia 1992. Construí un reloj oscilador especial, cuya inestabilidad de fase podía ser modificada, y lo conecte a un DAT, por lo tanto simulando condiciones como diferentes impedancias de cable o problemas extremos con la sincronización. La salida digital de esta máquina estaba después conectada a otro DAT que hacia una copia. Mientras monitorizaba la máquina de grabación en E-E,[*] incremente la inestabilidad de fase de la máquina fuente hasta que la máquina de grabación exhibía una seria distorsión en su salida analógica, sonaba como un codificador de voz en sobrecarga. Cualquiera que escuchara a la salida de esta máquina concluiría que estaba estropeada y que estaba realizando una grabación defectuosa. ***Pero crea los hechos, no sus propios oídos,*** porque en la reproducción, no había rastro de distorsión, la reproducción sonaba muy limpia. Por lo tanto, se demostraba que las copias digitales no son susceptibles a la inestabilidad de fase.[†]

V. No Salte a Conclusiones: Ejemplos del Mundo Real

Apliquemos algunos de los principios que hemos tratado. ¡Los nombres han sido cambiados para proteger a los mal informados!

Ejemplo A: La Copia Digital y La Reducción de Inestabilidad de Fase.

A la ingeniero Betty le gustaría hacer alguna Copia Digital (clonación), de CD a DAT. Primero se da cuenta que su grabador de CD suena mejor que su DAT. La razón es que los relojes internos de las típicas

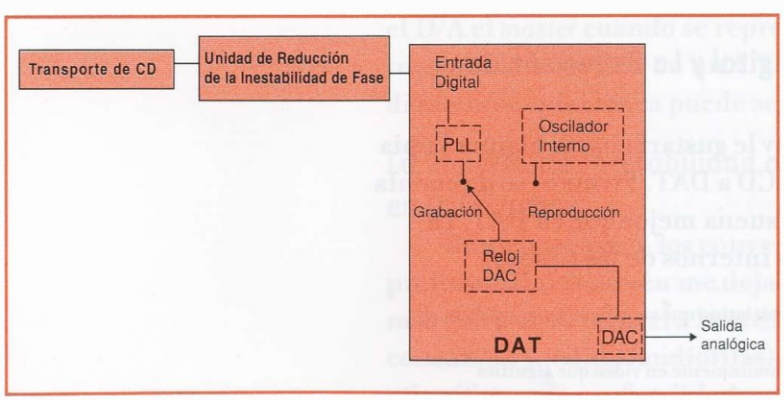
* N. del T.: *caveat emptor.* aforismo latino que significa "tenga cuidado el comprador".

* E-E es un término utilizado comúnmente en video que significa "Electrónico a Electrónico", cuando una máquina está en modo de monitor de grabación en vez de reproducción.

† O podría elegir llegar a la conclusión a partir de este ejemplo de que grabar en un DAT a través de AES/EBU podría solo ser susceptible a la inestabilidad de fase de la manera más sutil o imperceptible, lo que no creo que sea el caso.

máquinas DAT no son tan limpios como aquellos en los reproductores de CD (quizás porque tienen más motores que interfieren con la electrónica).[9] Pero en su mayor parte ella está preocupada de las diferencias de sonido que oye, ¡su DAT suena **mejor en la reproducción que en la grabación!** Ella lo intenta insertando una "unidad de reducción de inestabilidad de fase" antes del DAT, esperando realizar mejores grabaciones, pero esto solo crea más misterios - ya que ¡ahora suena mejor durante la grabación que cuando se reproduce! ¿Qué es lo que está ocurriendo aquí?

La copias digitales en realidad son perfectas (siempre que la pletina de reproducción esté en buenas condiciones y no interpole errores digitales). Como se ilustra más abajo, el DAT conduce su DAC desde dos elecciones de reloj, durante la grabación depende del bucle de fase la generación de un reloj desde el reloj entrante, y durante la reproducción utiliza su oscilador interno. La razón por la que el DAT suena mejor durante la reproducción es que su reloj interno es probablemente más estable que su PLL. **Sin embargo, el mensaje no cambia, solo el mensajero que lo transporta.** Y cuando Betty inserta la unidad de reducción de inestabilidad de fase, no es ninguna sorpresa que el modo de grabación ahora suene mejor que el de reproducción - ya que los DAT se construyen de manera típica a un precio, una unidad de reducción de la inestabilidad de fase de 2000$ ayuda al PLL a producir ¡un reloj más limpio que el propio oscilador de 25 céntimos del DAT![10]



Un DAT de consumo conmuta su fuente de reloj master entre el modo de grabación y de reproducción.

Pero la unidad de reducción de la inestabilidad de fase de Betty no mejora la copia de ninguna manera (aunque usted no oirá esto de los fabricantes de unidades de reducción de inestabilidad de fase).* Ella puede probar que no hay problema con el DAT en la escucha bajo idénticas condiciones de inestabilidad de fase. Por ejemplo, ella puede volver a copiar el DAT al CDR y reproducir las dos pistas del CDR una tras otra. ¿Qué conclusión debe ella sacar sobre la cinta del DAT, si las dos pistas de CDR suenan idénticas?

Ejemplo B: La Copia a través de SDIF-2 frente a AES/EBU

El ingeniero Don ha llegado a la conclusión de que las grabadoras DASH hacen copias digitales más limpias a través de la interfaz SDIF-2 que a través de AES/EBU, porque sabe que SDIF-2 es una interfaz "más limpia". Su experiencia ha sido que la interfaz SDIF-2 hace a un sonido DAC mejor a través de su señal de reloj separada, limpia, mientras que AES/EBU embebe un reloj (propenso a la inestabilidad de fase) en el flujo de información. Y como la grabadora de cinta DASH suena mejor a Don, llega a la conclusión de que la copia en cinta DASH es mejor que la copia en cinta DAT. Pero es igualmente viable que sea la propia máquina DASH la que "suene mejor", no la cinta. Tanto la cinta DAT como la DASH producen materiales equivalentes, excepto que la cinta DASH utiliza una corrección de errores más robusta y probablemente durará más.

Don puede probar que su propia conclusión es falsa tomando la "cuestionable" copia DAT y reproduciéndola en una máquina DAT equipada con la interfaz SDIF-2 preferiblemente haciendo depender al DAT de la señal de reloj. Probablemente encontrará que la copia DAT ahora suena tan bien como la de DASH. A pesar de ello, Don debería también invertir en uno de los nuevos DACs inmunes

* El autor tiene una colección de excedentes de unidades de reducción de inestabilidad de fase de gama alta en su garaje, disponibles a precios de ganga.

a la inestabilidad de fase, que pueden hacer a la interfaz SDIF-2 innecesaria.

Ejemplo C: ¿Exactitud de Reloj?

A Ray se le dijo que una señal de reloj exacta de cristal conectada a su equipo lo haría sonar mejor. La palabra operativa aquí no es **exactitud** sino más bien **estabilidad.** En la eliminación de la inestabilidad de fase, la **estabilidad cuenta más que la exactitud absoluta.** Un cristal puede producir 44.100 Hz de **promedio,** pero un oscilador de cristal propenso a la inestabilidad de fase se desvía por encima y por debajo de este promedio. En un estudio de producción completamente digital, incluso si el cristal *master* está varios hercios desplazado, e incluso si esto provoca un audible error de tono, el resultado final sonará correcto cuando se reproduzca con un cristal correcto. Si tengo prisa, puedo acelerar mi reloj hasta 48 kHz, o incluso más si el equipo lo soporta, y todavía llevar a cabo una copia válida de alta velocidad. Esto ilustra el hecho de que la inestabilidad de fase no puede influir en la exactitud de una copia: podemos acelerar la fuente a una frecuencia 10.000 veces mayor que la desviación de frecuencia, debida a la inestabilidad de fase ¡y todavía realizar una perfecta copia de la información! El copiado se hace muestra a muestra, el trabajo del reloj es simplemente transportar las muestras exitosas a la cola.[11]

Ejemplo D: Mezclar a través de Sincronización Interna o Externa

Un reciente artículo de revista pretendía evaluar el "sonido" de las señales de reloj. Pero las señales de reloj no tienen "sonido", lo que cuenta es la capacidad del convertidor de rechazar el desplazamiento de fase en la señal de reloj entrante y pasar un reloj limpio para la conversión. El ingeniero Fred dice que su multipistas suena mucho mejor con un nuevo generador de señales de reloj que con el viejo. No lo dudo, pero Fred debería investigar colocando su multipistas en reloj interno, que es mucho más fácil de diseñar bien que un PLL. Fíjese que si Fred está llevando a cabo una mezcla analógica, puede hacer funcionar su A/D de mezclas en su propia (independiente) sincronización interna, y obtener lo mejor de ambos mundos.

Ejemplo E: ¿Inestabilidad de Fase en las Cargas de Entrada?

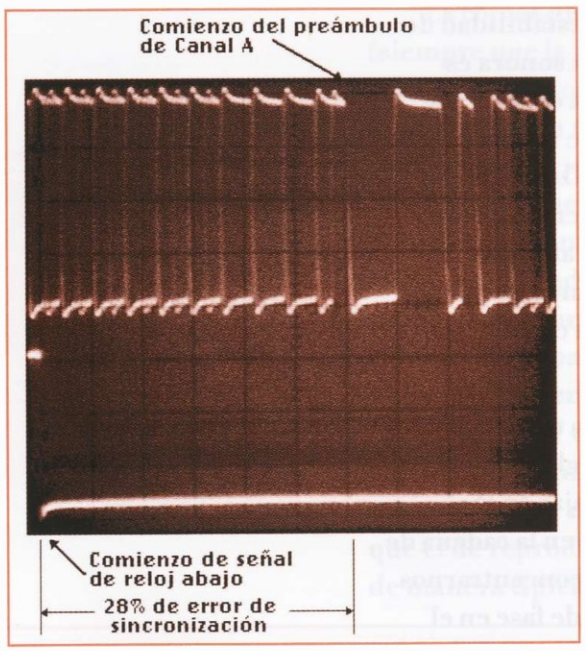
El ingeniero Jeff cree que las cargas digitales realizadas a través de las entradas S/PIF de su *DAW*, suenan mejor que aquellas hechas a través de su entrada óptica Toslink propensa a la inestabilidad de fase. Pero está equivocado, la diferencia sonora es efímera. Solo estará presente durante la carga, y ¡la reproducción del *DAW* sonara realmente mejor que la carga! Jeff solo notará esto si utiliza un DAC inferior que es susceptible de diferencias de sincronización. Tenga la plena seguridad de que la inestabilidad de fase de la interfaz o las diferencias de sincronización no tienen efecto en la integridad de una carga digital desde una fuente digital.

En resumen, no deberíamos echar la culpa a los relojes por problemas que deberían arreglarse en el convertidor. Y deberíamos dejar de trabajar en la minimización de la inestabilidad de fase en la cadena de procesamiento digital, y en lugar de ello concentrarnos en los modos de reducir la inestabilidad de fase en el reloj de muestreo del interior de los convertidores.

VI. Que Concierne al Resto del Mundo...

Como todo el mundo esta probablemente escuchando música en convertidores D/A inferiores, es muy importante que los CDs (y DVDs, o SACDs) que preparamos para ellos tengan el mejor sonido posible. Como he dicho no hay inestabilidad de fase en un medio de almacenamiento pero hay cierta (controvertida) evidencia de que los CDs creados a altas velocidades, suenan inferiores a los CDs creados a

bajas velocidades, y que los CDs creados con un reloj propenso a la inestabilidad de fase suenan peor que aquellos creados con un reloj limpio.[12] Tenemos la teoría de que ciertos parámetros mecánicos del disco son alterados por la velocidad de creación, haciendo más difícil al servomecanismo del reproductor de CD pasar la carga servo variable a la fuente de alimentación del reproductor y por lo tanto afectando a la estabilidad del reloj *master*. Solo supone unos picosegundos crear una diferencia audible. Dejando a un lado las razones teóricas por las que esto puede estar sucediendo, es importante señalar que la diferencia del CD es un fenómeno efímero y corregible, claramente relacionado con cierta dificultad del reproductor de CD **solo durante la reproducción,** y la información en si misma no es modificada. Las diferencias ya no son audibles cuando se reproducen sobre un DAC inmune a la inestabilidad de fase. Como no hay una distorsión permanente en una copia D-D (como sería el caso de las conversiones A/D) la salida de un reproductor de CD podría ser resincronizada para hacer las aparentes diferencias audibles inaudibles. El tiempo y otra vez yo he observado que cuando la sincronización ha sido arreglada, las diferencias antes audibles desaparecen. Sin embargo, hasta que todo el mundo tenga unos perfectos D/A, es importante que las fábricas de producción de CDs tengan en cuenta las pruebas audibles, y creen *glass masters* a una velocidad de 1x y que busquen otras maneras de hacer los CDs de mejor sonido.



La foto de este osciloscopio compara la sincronización del comienzo del preámbulo del Canal A AES con el comienzo de la señal de reloj en la salida del procesador digital. Este desplazamiento de la sincronización de un 28% de la longitud del frame AES es 3 puntos mayor que la tolerancia permisible del estándar AES11 y provocaría problemas de bloqueo en las consolas intolerantes o DAWs o en otros receptores.

Por cierto, para aquellos oyentes con DACs inferiores (la mayoría), siempre descubro que puedo restaurar la calidad sonora de un CD "inferior" volviéndolo a copiar a una estación de trabajo y después volcándolo a un buen grabador SCSI a una velocidad de 1x. ¡En este caso la copia suena mejor que el original! Es técnicamente imposible que la inestabilidad de fase anterior pase a través de una interfaz asíncrona como SCSI al reloj de muestro final.

VII. Cosas que Dan Miedo

Errores Estructurales y de Sincronización

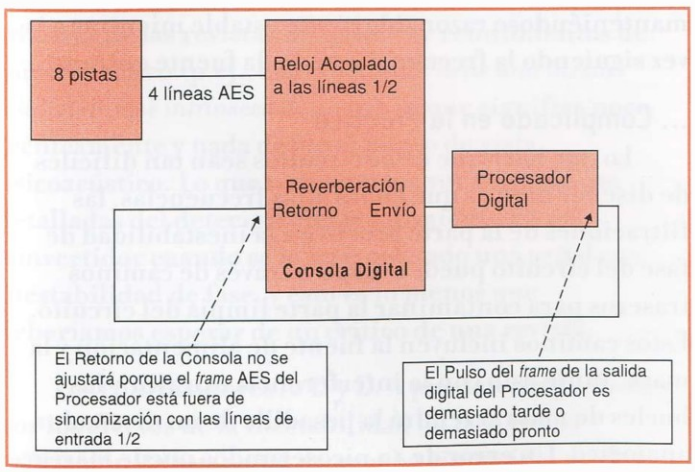
De las señales de reloj al Error de Sincronización del AES

Aunque a la inestabilidad de fase se le ha convertido a menudo en la cabeza de turco de una variedad de problemas en el audio digital, el hecho es que el 99% de las veces, los fallos, chasquidos, caídas, ruidos y problemas de compensación, son causados por **problemas estructurales,** en ningún caso por la inestabilidad de fase. Los problemas estructurales son causados por diferencias de sincronización de las señales críticas, y no pueden ser solucionados sin utilizar *software* en los equipos o sin modificar el *hardware*. A la izquierda está la foto de un osciloscopio, en la parte superior de la misma se encuentra el comienzo del preámbulo AES (que define el comienzo de la palabra de información de la AES), y en la parte inferior, el punto en el que la señal de reloj cambia de alto a bajo.

Para complicar las cosas, no hay estándar que defina con que transición de señal de reloj (de baja a alta o de alta a baja) debería alinearse el preámbulo de la AES. Esto es una diferencia de sincronización de 180 grados, o de aproximadamente 11 µS a 44,1 kHz, lo que es suficiente para volver locos a las estaciones de trabajo, los procesadores y las consolas, producir fallos técnicos, o ninguna señal. Afortunadamente, mi estación de trabajo tiene una opción de menú que nos permite escoger la fase de la señal de reloj, lo que lo hace más compatible con los productos de diferentes fabricantes.

Error Estructural de AES a AES

El audio digital es una pequeña industria que todavía experimenta problemas iniciales. Muchas consolas digitales actuales y *DAWs* son muy sensibles a los problemas de sincronización, y debo subrayar que no tienen nada que ver con la inestabilidad de fase. Y como algunos procesadores de audio digital producen una salida AES que no está sincronizada con su entrada AES, las consolas y estaciones de trabajo intransigentes tiene problemas al acoplarse a ellas (ilustrado a la derecha). Una vez me vi forzado a insertar una simple unidad de reverberación a través de analógico, porque la consola digital no se acoplaba a ella en un camino envío/retorno digital. El fallo estaba causado por la intolerancia de la consola a los errores estructurales del AES, agravados porque la salida de la unidad de reverberación estaba ligeramente fuera de estructura (sincronización) como se ve en la siguiente figura. Puede probablemente probar que es un problema de estructura sin equipo de medición: en esta situación ajuste el procesador digital para que funcione sobre su reloj interno, y acople la consola al procesador externo en su retorno de reverberación. Si la consola se ajusta y pasa el audio desde el procesador externo, entonces el problema anterior era un problema estructural.



Como el error de estructura AES a AES puede provocar problemas de ajuste

Ajustar la consola a la señal de reloj probablemente no ayudaría y puede incluso empeorar la situación, ya que la diferencia de sincronización entre las fuentes AES permanecería. Los errores de estructura son acumulativos en una cadena de procesadores si estos son unidos vía AES/EBU (o S/PDIF). Si el error estructural de cada caja se encuentra en la misma dirección entonces el error total podría ser suficiente para provocar problemas de bloqueo en las consolas sensibles y en los *DAWs*. Puede estabilizar el sistema acoplando el último procesador en línea a la sincronización externa (señal de reloj o AES). Si el último procesador en línea es tolerante a la estructura en su entrada AES, entonces acoplarlo a un sincronizador externo forzará su salida a una estructura conocida y esperemos que dentro de la tolerancia del *DAW*. Es también posible construir una caja periférica que ajuste esta clase de problemas estructurales, pero en realidad, la carga está en los fabricantes que producen consolas y procesadores que se encuentran dentro de las tolerancias del estándar de la AES.[13] De nuevo: Caveat emptor.[14]

Relojes Desplazados del Centro

Otro problema mencionado anteriormente es la pérdida de ajuste provocada por un cristal *master* desplazado de la frecuencia y un PLL sensible. Algunas entradas digitales cuentan con una tolerancia muy baja al incorrecto centrado de la frecuencia (lo que también les hace incómodos al variar la velocidad). Si tiene problemas de ajuste, que no son debidos a errores de estructura, confirme que la frecuencia fuente (p.ej., 44,1 kHz) es correcta, y sino, trunque el oscilador de cristal *master*.

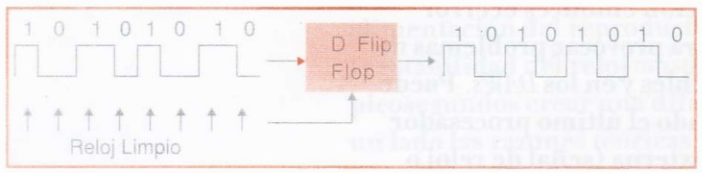
VIII. Como Funciona

Simple en Teoría...

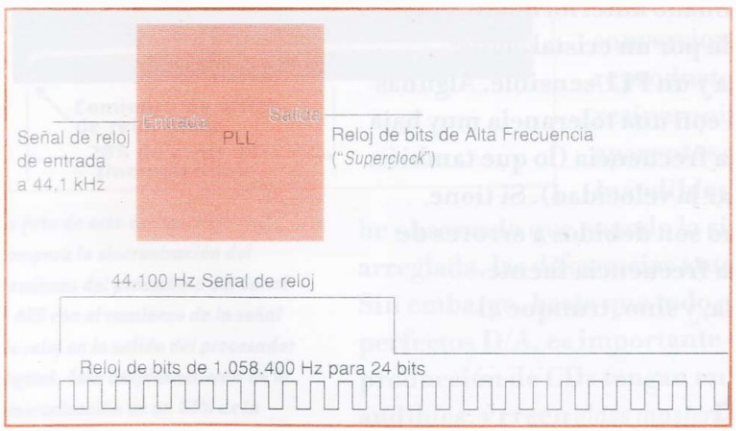
La mayoría de los ingenieros no necesitan los densos detalles técnicos de cómo funcionan los

equipos, pero hay habitualmente un par de preguntas persistentes, como... *¿Qué es un circuito de re-sincronización? ¿Por qué necesitamos un reloj de alta frecuencia?*

Circuito de Re-sincronización (*reclocking*). La información dentro de los típicos procesadores de audio viaja de chip a chip en serie, esto es bit a bit. Un pulso de reloj hace circular esta información. Este reloj de bus es distribuido a todos los chips críticos dentro de la caja. Como hemos visto, no importa si este reloj es propenso a la inestabilidad de fase, la información adecuada todavía llega al siguiente chip en línea. Pero en ocasiones la información necesita ser *re-sincronizada*. por ejemplo cuando se conecta a un convertidor D/A. Representado aquí hay un simple circuito de re-sincronización, en el lado izquierdo hay una palabra de información entrante que ha sido sincronizada por un reloj con inestabilidad de fase, el valor de la información es (para nuestra conveniencia) 10101010. Esta palabra pasa, un bit cada vez, a un circuito lógico denominado *D-Type Flip flop*. que está conectado a un reloj limpio. Casi mágicamente, la información sale del flip flop fácilmente, y en teoría, toda la inestabilidad de fase ha desaparecido y la información está preparada para conectarse al DAC. Fíjese como los limpios pulsos de reloj permiten al flip flop "muestrear" cada valor de la información, pero solo si el pulso de reloj aterriza dentro del tiempo de aceptación de cada bit entrante. En esta ilustración, el cuarto (y octavo) bit de información está en peligro de perderse si llega un momento más tarde, en cuyo caso el reloj limpio aterrizaría en el bit previo y saldría la información incorrecta. Afortunadamente, las típicas fuentes de audio tienen mucha menos inestabilidad de fase que en este ejemplo ilustrativo. De lo contrario, el sistema se rompería y obtendríamos fallos técnicos, clicks o picadillo en vez de audio limpio, y ¡entonces la información de salida estaría de verdad modificada![15]



Un Circuito Simple de Re-sincronización



Se necesita un PLL para generar el reloj de frecuencia más alta requerido para mover los bits individuales de sitio a sitio.

¿Por qué el PLL? La figura inferior a la izquierda ilustra porque se necesita un bucle de fase (PLL). Si estamos pasando un audio de 24 bits bit a bit, entonces necesitamos un pulso de reloj de alta frecuencia que sea 24 veces la frecuencia de la señal de reloj. Wordclock entra al dispositivo, y tiene que ser multiplicado hasta la frecuencia más elevada para conducir estos datos, conocidos como *bitclock*. Es fácil dividir sin crear inestabilidad de fase, pero muy difícil multiplicar, y es el trabajo de la sofisticada circuitería del PLL crear la frecuencia más alta mientras se reduce le inestabilidad de fase entrante. [16]Un PLL es una clase de volante eléctrico trata de encontrar un centro. manteniéndose razonablemente estable mientras a la vez siguiendo la frecuencia media la fuente entrante.

... Complicado en la Práctica

Lo que hace que estos circuitos sean tan difíciles de diseñar bien es que en las altas frecuencias, las filtraciones de la parte proclive a la inestabilidad de fase del circuito pueden viajar a través de caminos traseros para contaminar la parte limpia del circuito. Estos caminos incluyen la fuente de alimentación y la masa. Junte esto con la interferencia exterior y los bucles de masa, y tendrá la pesadilla de un diseñador analógico. Un error de 10 picosegundos puede marcar

* Una vez tuve un reloj suizo que ponía "17 joyas" en la etiqueta pero solo 5 de ellas sonaron cuanto agité la caja del reloj. ¿Qué quería decir realmente la etiqueta?

la diferencia entre un ruido base de 18 ó 20 bits. Algunos fabricantes usan un PLL dual donde el primero es un circuito analógico, y el segundo un oscilador de cristal controlado por voltaje (VCXO), en un intento de mantener la inestabilidad de fase a un nivel tan bajo como el cristal de cuarzo. Desgraciadamente, los diseños que utilizan VCXO no pueden variar de velocidad debido a su estrecha tolerancia de frecuencias. Es difícil, aunque posible, diseñar un PLL inmune a la inestabilidad de fase que sea tan bueno como un cristal, cuente con una amplia tolerancia de frecuencias y una rápida compensación de tiempo. No importa cuantos PLLs pone en la etiqueta, la calidad del trabajo de un diseñador debería ser comprobada de manera objetiva.*

IX. Mediciones de la Inestabilidad de Fase

Aquí hay algunas medidas de inestabilidad de fase hechas sobre convertidores D/A. Antes de que compre una consola o sistema de conversión caro, puede tomar mediciones como estas usted mismo, utilizando equipos de prueba que se peuden adquirir fácilmente. Se sorprenderá de la diferencia en el rendimiento de un modelo a otro. Es una lástima que a los críticos y editores de las revistas les guste ver rendimientos de número único (p.ej., *este convertidor tiene una inestabilidad de fase intrínseca de 40 ps*), lo que significa poco técnicamente y nada desde el punto de vista psicoacústico. Lo que necesitamos ver son gráficas detalladas del deterioro del rendimiento de un convertidor cuando se le ha conectado una señal con inestabilidad de fase, y esto es lo menos que deberíamos esperar de un crítico de una revista.

Los convertidores A/D y D/A pueden ser probados por los efectos de la inestabilidad de fase con la utilización de una señal de prueba sinusoidal de alta frecuencia, pero la señal de prueba debe ser muy pura y de frecuencia estable, probablemente generada con cristal o digitalmente. Para estas pruebas de DAC, yo utilizaba la señal J-Test inventada por Julian Dunn, un consultor independiente conocido sobre todo por su trabajo con la marca Prism de convertidores.[17] La señal de 24 bits del J-Test no estaba disponible, así que se utilizó la versión de 16 bits, tendremos que ignorar algunos artefactos que son parte de la señal origen. Aquí van unas cuantas guías: Cuanto más reducido sea el ruido base, menor será la inestabilidad de fase. No hemos comprendido completamente que las puntas de la inestabilidad de fase son psicoacústicamente importantes, pero, como he dicho antes, mis tests de escucha muestran que la inestabilidad de fase debe ser muy baja (cercana al ruido del sistema) para ser inaudible. También como los equipos de prueba varian, los resultados de su J-Test serán diferentes de los míos pero las clasificaciones relativas probablemente permanecerán.

En la sección de láminas de color, la **figura C19-01** muestra, en rojo, el ruido base de mi UltraAnalog A/D (que utilizo para muestrear las salidas de los diferentes D/A a prueba), y en azul, los artefactos de la señal J-Test de 16 bits, que van de -132 a -135 dBFS.[18] Esto significa que si parece que medimos inestabilidad de fase en el dispositivo bajo test, por debajo de -132, esto puede simplemente deberse a los artefactos de la señal de prueba. Creo que es más importante examinar como los artefactos de inestabilidad de fase afectan al propio ruido base del DAC, y a que frecuencias concretas, que calcular el valor real de la inestabilidad de fase en picosegundos.

La **figura C19-02** en la sección de Láminas de Color muestra una considerable diferencia medida en el rendimiento de la inestabilidad de fase, cuando a un económico D/A de consumo se le conectan dos fuentes diferentes. Un económico reproductor de CD de consumo produce la más alta inestabilidad de fase de

salida, con la salida de Sonic Solutions incluso menos. Si esto fuera una representación lineal en vez de semi-logarítmica, sería más obvio que la inestabilidad de fase habitualmente produce artefactos parejos alrededor del centro de la frecuencia, habitualmente de una desviación equivalente del centro. Compare el rendimiento del D/A de consumo con el del excelente TC Electronic System 6000 D/A "inmune a la inestabilidad de fase". Cuando es conectado a cualquiera de las dos fuentes, la inestabilidad de fase del TC es efectivamente idéntica y simplemente ¡tan baja como su nivel de ruido en ausencia de modulación!

La **figura C19-03,** en la sección de Láminas de Color, muestra que el modo de sincronización apenas afecta al rendimiento de la inestabilidad de fase del TC, con unas mediciones extraordinarias en sincronización interna y ligeras diferencias cuando se ajusta vía AES/EBU. Cuando depende de AES/EBU produce una inestabilidad de fase ligeramente mayor (solo las dos líneas azules de frecuencia separadas hacia -117 más cercanas al centro de la frecuencia). Cuando está en sincronización interna (señal roja), su inestabilidad de fase es casi tan baja como el ruido base del UltraAnalog, y fíjese de que la mayor parte de la *hierba* es la propia señal J-Test de 16 bits. Puedo oír una ligera degradación de la claridad del sonido, un brillo e imagen manchada cuando el TC depende del AES/EBU, lo que implica que las puntas pintadas de negro a unos -117 dBFS deben ser audibles.

El Weiss es el primer DAC que he medido, que no tiene rastro aparente de una inestabilidad de fase de frecuencia especifica en su salida cuando está ajustado vía AES/EBU (**Figura C19-04** en la sección de Láminas de Color). En vez de ello, su ruido base aumenta con la señal de prueba y las "faldas" de inestabilidad de fase parecen ampliarse, toda la inestabilidad de fase entrante ha sido convertida a ruido aleatorio. ¿O es la mejora de sonido debida a la coloración eufónica (un ruido base más elevado enmascara los componentes específicos de la inestabilidad de fase, por lo que no podemos ver la base de la propia señal de prueba)? Esto también saca a colación asuntos sobre la potencial modulación del ruido del convertidor con señal, que puede enmascarar señales de bajo nivel o reverberación. Sin embargo, el ruido de baja amplitud, aleatorio, es la firma más benigna que uno podría desear y el DAC suena fenomenal. No probé el DAC en sincronización interna.

En Conclusión: En lo que respecta a la inestabilidad de fase, ¡hay mucho más que saber que lo que alcanza al oído! Hasta nuestros sistemas de audio han avanzado hasta el punto en el que **todas las fuentes con información idéntica suenan idénticas,** entonces no podemos llevar a cabo juicios válidos sobre el carácter del sonido.

---

1 Para aquellos de vosotros que nacisteis después de la era de la cinta analógica, la *transferencia* es un fenómeno en el que una capa de cinta magnética transmite de manera magnética parte de su señal a la capa colindante. Después de años de almacenamiento es posible escuchar dos o tres ecos que se repiten en el declive de la cola de una canción grabada en cinta analógica (lo cual puede ser reparado a través de la técnica de "añadir al final" explicada en el Capítulo 7). Pero incluso cuando la transferencia no produce un eco distinto, esta siempre allí en cierta manera, afectando a la claridad del sonido. Una cinta "de baja imprimación" tiene menos transferencia que una de alta imprimación.

2 Técnicamente hablando, cualquier procesador que añade tramado aleatorio no es una máquina de estados. Todos los buenos SRC y ecualizadores emplean tramado interno para hacer lineal el proceso. El efecto aleatorio del tramado significa que cada pase de salida producirá una información ligeramente diferente a cada instante. Sin embargo, de media, el flujo de salida es de hecho el mismo, y si pudiéramos sustraer el tramado aleatorio de la señal de salida, cada pase sería idéntico. Puede probar esto haciendo dos pases a través del mismo ecualizador, poniéndolos en fila, y sustrayendo uno del otro. No le quedará ningún residuo de la señal, solo ruido aleatorio, probando por lo tanto que el procesador es una máquina de estados. Por cierto, si intenta esto con un ASRC, escuchará una pequeña cantidad de señal residual en el ruido base, lo que prueba que un ASRC no es una máquina de estados. Muchos procesadores digitales crean tramado utilizando una *secuencia pseudoaleatoria*, que de manera predecible se repite después de un periodo de tiempo, así que son unas perfectas máquinas de estados, ¡si al comparar dos pases sucesivos, puede encontrar los momentos donde las dos señales de tramado forman exactamente una fila.

3 Cuando se transfiere de archivo a archivo, no existe ningún reloj y el proceso simplemente funciona con una muestra después de la otra. A veces explico la inestabilidad de fase con una analogía de bola de bolera. Lance una serie de

bolas de bolera, algunas blancas y algunas negras, a través de la banda. Aunque su sincronización es irregular, cuando caen al fondo, las bolas blancas y negras están en el mismo orden. Los procesadores digitales miran a las muestras (bolas de bolera), no en el tiempo en el que llegan, así que la información de salida es idéntica, incluso si la sincronización es irregular.

4 Como se ilustra en una demostración de inestabilidad de fase extrema que lleve a cabo en la Convención de la AES, cuando el audio estaba tan distorsionado por un reloj con inestabilidad de fase que era irreconocible, pero la información permanecía intacta. Vea la barra lateral que acompaña. Me gustaría agradecer a Andy Moorer por acuñar la *dicotomía mensaje/mensajero* para la comprensión de la inestabilidad de fase.

5 La señal de reloj externo reemplaza la señal del cristal de cuarzo con un PLL. En la amplia mayoría de los convertidores fabricados hoy, "la inestabilidad de fase provocada por la señal de reloj es típicamente 15 veces más elevada que cuando se utiliza un reloj de cuarzo", según el manual para el RME modelo ADI-8-DD de convertidor del formato. En los convertidores de precio medio en los que se presta poca atención al diseño del reloj interno, he visto algunas situaciones sorprendentes en las que el reloj interno no es tan bueno como el externo, pero es mucho más barato y más fácil diseñar un buen reloj de cuarzo que un potente PLL. El reloj externo nunca puede funcionar mejor que un reloj interno razonablemente diseñado, debido a todos los obstáculos, que producen inestabilidad de fase, relacionados con la extracción del reloj y la regeneración (la tarea de un PLL). De hecho, voy más lejos al decir que cualquier consola digital o interfaz *DAW*, que no funciona de la misma manera o mejor sobre reloj interno, es un diseño defectuoso, que definitivamente no está a la altura de su completo potencial sónico. Insista en una completa revelación y en mediciones de la inestabilidad de fase, basadas en FFT, antes de comprar.

6 Según una fórmula simplificada de Don Moses. *Enclosure Detuning for 20-Bit Performance, Journal of the AES* edición preliminar 3440 octubre de 1992.

> La siguiente expresión utiliza el método de análisis de triángulo similar de Carlson y es útil para el caso en el que: (1) la desviación de la inestabilidad de fase es pequeña comparada con el intervalo de muestreo, (2) la distorsión es medida en el cruce cero de una onda sinusoidal, (3) la amplitud pico a pico es normalizada a 1-V, y (4) la inclinación máxima es aproximada como 2X el ancho de banda de la información: Resolución (en dB) = 20 log (la desviación temporal x 2 x el ancho de banda de la información) Por ejemplo, 25 ps de inestabilidad de fase, 20 kHz de ancho de banda de información, produce:
> 20 log (25 ps x 2 x 20 kHz) = -120 dB, que proporciona 20 bits de resolución.

En otras palabras, si dobla la tasa de muestreo a 88,2 kHz (el ancho de banda de la información se convierte en ~40 kHz), la misma cantidad de inestabilidad de fase reduce la tasa señal-ruido unos 6 dB. Para una representación de 20 bits, a 88,2 kHz, si considera que el ancho de banda de la información va a 40 kHz, necesitaría reducir a la mitad la inestabilidad de fase a menos de 12 picosegundos. Y por cada mejora de 6 dB o incremento de 1 bit de la longitud de palabra, debe reducir a la mitad la inestabilidad de fase una vez más. Incluso si limita el ancho de banda de la información a 20 kHz, con el fin de obtener un rendimiento excelente con una larga longitud de palabra, te deja helado el grado de cuidado requerido para disminuir el EMI/RFI externo, evitar los problemas de la fuente de alimentación, ¡sin decir nada sobre la estabilidad requerida del PLL! Aclarando el mito del convertidor >20 bits, que puede tener un nivel de ruido en ausencia de modulación >20 bits, pero ¿cómo lo realiza con señales del mundo real?

7 No exactamente *deben*. En un audio independiente para la postproducción de video, es posible hacer al A/D el reloj *master* para todo, utilizando un AES/EBU para convertidor de la sincronización de video, por lo tanto forzando al reloj del video a depender del audio, en vez de al revés. Presto: Una inestabilidad de fase baja durante la masterización para video, y una oportunidad de diseño de producto para ingenieros de masterización de audio quisquillosos que deben trabajar con video.

8 Estoy seguro que siente curiosidad por la marca. Es el TC-Systems 6000. Otros actuales fabricantes de convertidores que afirman haber producido unidades "inmunes a la inestabilidad de fase" incluyen Prism, dB Technologies, Benchmark, y Weiss. La rapidez de compensación de tiempo en la unidades Weiss, Prism y TC es virtualmente instantánea, lo que señala que el diseño libre de inestabilidad de fase no requiere un largo compensador de tiempo. De hecho, las matemáticas prueban que cualquier *buffer* más largo de alrededor de una muestra es superfluo, ya que la inestabilidad de fase es una pequeña fracción del periodo de una muestra.

9 Bob Harley de *Stereophile* mide la inestabilidad de fase de salida tan baja como de 10 a 100 picosegundos en algunos de los mejores transportes de CD audiófilos, pero tan alta como 1500 picosegundos (1,5 ns) en un DAT. Diferentes métodos de medición de la inestabilidad de fase producen diferentes resultados, pero los valores relativos aproximados permanecen.

10 En el caso de un barato oscilador de cristal, el reloj externo es más limpio que el interno. Cuanto más limpio es el reloj entrante, menos trabajo tiene que hacer el PLL. Pero la inestabilidad de fase de salida de un PLL nunca puede ser mejor que su inestabilidad de fase naciente o intrínseca, y es típicamente peor. La inestabilidad de fase de salida de un PLL es una combinación de tres cosas: su inestabilidad de fase intrínseca, su inestabilidad de fase entrante, y la atenuación de la inestabilidad de fase del PLL.

11 Sin embargo, un cristal que está desplazado del centro estándar de la frecuencia puede provocar problemas de ajuste, ya que la mayoría de los diseños de PLL de baja inestabilidad de fase tienen un rango estrecho de ajuste. Pero si todos los componentes del sistema se ajustan, entonces un cristal desplazado del estándar no afectará de ninguna manera a las copias digitales. Algunos PLL tienen un ajuste estrecho y otro amplio para manejar fuentes que se encuentran un poco desplazadas del estándar. Cambiar a amplio aumenta la tolerancia de frecuencias, pero también incrementa la inestabilidad de fase del PLL. No se preocupe, siempre que el PLL no esté manejando un convertidor.

12 Denuncias de los propios artistas de la música llevaron a los ingenieros de la Sony Corporation a trabajar en la mejora de la inestabilidad de fase en sus sistemas de creación de CD. Sin influencia exterior, algunos artistas importantes han denunciado que sus CDs publicados no sonaban tan bien como los CDR de referencia que habían recibido. Tenemos la teoría de que un espaciado irregular, o una profundidad inadecuada de los agujeros de los mismos CDs está afectando al servomecanismo del reproductor. El servomecanismo y el reloj de muestra comparten una misma fuente de alimentación, así que con un pobre *bypass* de la fuente de alimentación en el reproductor, la simple potencia o filtración de masa puede afectar a al estabilidad del reloj. No hace falta mucha filtración para cambiar unos cuantos picosegundos. Los oyentes críticos al hacer CDRs han oído un sonido superior con grabadores de CD basados en SCSI que con grabadores de CD independientes. En los grabadores independientes, el reloj *master* que condice el láser depende de la entrada AES/EBU, mientras los grabadores basados en ordenador utilizan un *buffer* FIFO y un reloj de cristal para conducir el láser.

Tenemos la teoría de que la razón por la que no hemos notado estas diferencias con DATs es que incluso si las diferencias entrantes se pasan al medio, estas son desbordadas por la mayor inestabilidad de fase de un

típico DAT de un típico reproductor de CD. ¿Qué son unos pocos pico segundos frente a miles?

13 Julian Dunn clarifica: "Esto podría ser considerado como un asunto de sincronización y éstos son tratados en el AES11. Aquellos definen el error permitido de alineación de salida (+/-5% de un periodo de cuadro) y la tolerancia al desplazamiento de la sincronización de entrada (+/-25% de un periodo de cuadro) antes de que el retardo resulte incierto.

Las especificaciones para la interfaz misma (AES, IEC60958) no permiten a la capacidad de un receptor decodificar información para depender en el alineamiento relativo de los relojes - siempre que la variación dinámica se encuentre dentro de la especificación de la tolerancia de la inestabilidad de fase (unos +/-4% de un periodo de cuadro a una inestabilidad de fase de bajas frecuencias)."

14 Si va a gastar de 30.000$ hacia arriba en una consola digital, pida al fabricante que firme un acuerdo por el que las tolerancias de las entradas digitales y estructura de la señal de reloj cumplan o excedan las especificaciones de sincronización de la AES11 o sino el fabricante corregirá el problema gratuitamente. Esto equivale a una triste llamada a que los fabricantes despierten, pero los consumidores deberían tener derecho a equipos con interfaz del mundo real en sus consolas.

15 Aquellos disléxicos del público apreciarán que me estoy tomando una pequeña libertad en esta explicación para una mayor facilidad de comprensión. Como el extremo izquierdo del flujo de bits es el último en entrar en el flip flop, el "cuarto bit" contado de izquierda a derecha ¡es realmente el quito bit en entrar! Esto conduce al requerimiento de que el *software* tiene que decidir si hace al extremo izquierdo o derecho del flujo de bits ser el bit más importante. Intel y Motorola han estado peleándose por esto durante décadas, así que si no comprende esta parte, ¡no es el único!

16 Muchos *bitclocks* son 32x la señal de reloj o superior, para permitir una más larga longitud de palabra interna. Un PLL típico puede generar un superreloj que es 128, 256 o incluso 384 veces la frecuencia de la señal de reloj y es entonces dividido utilizando un divisor simple.

17 El J-Test es una señal especial diseñada para empeorar la inestabilidad de fase de un convertidor D/A. Contiene una señal fundamental a 1/4 de la tasa de muestreo, que es 11.025 kHz a 44,1 kHz SRy un componente de baja frecuencia añadido de manera deliberada, para añadir inestabilidad de fase en la salida del AES. La prueba está diseñada particularmente para resaltar la interacción con el reloj de muestra, desde los datos en la interfaz AES/SPDIF, que es utilizada para obtener el reloj de muestra. Cuando AES/EBU no se encuentra involucrado, sería más práctico utilizar un tono de alta frecuencia simple y limpio.

Julian: "Hay cuatro números de 24 bits en una secuencia que tiene una duración de 192 muestras que se repiten.

0xC00000, 0xC00000, 0x400000, 0x400000 (x 24 p.ej., 96 muestras)

0xBFFFFF, 0xBFFFFF, 0x3FFFFF, 0x3FFFFF (x 24)

Hexadecimal		Binario
C00000	=	1100 0000 0000 0000 0000 0000
400000	=	0100 0000 0000 0000 0000 0000
BFFFFF	=	1011 1111 1111 1111 1111 1111
3FFFFF	=	0011 1111 1111 1111 1111 1111"

La versión de 16 bits de la señal del J-Test se encuentra actualmente disponible en un CD de Audio Precision y en otro CD de prueba de Checkpoint Audio de Holanda.

Puede encontrarse más información en la página web de Julian www.nanophon.com

18 La amplitud medida del ruido depende del número de puntos (cajones) en la FFT, la ventana que se está utilizando, y el convertidor A/D en el equipo de medida que es por lo que los resultados de cada crítico serán diferentes. Estas mediciones fueron tomadas con un 32 K punto FFT con un tiempo promedio de unos 2-4 segundos, y una ventana Hanning.

19 Hay solo una "clase" correcta de cable digital, uno cuya impedancia corresponda al circuito (p.ej., 75 ó 110 ohmios). Algunos fabricantes audiófilos han fabricado presuntos cables *digitales* que son inadecuados para el circuito, pero como afectan al sonido de un convertidor de consumo típico de una manera en cierto modo impredecible (habitualmente añadiendo inestabilidad de fase, no reduciéndola), los consumidores han sabido jugar con estos cables para afinar sus sistemas. Es una batalla perdida, porque la inestabilidad de fase producida por el cable, reduce la resolución y colorea el sonido.

Capítulo 20

Consejos y Trucos

I. Introducción

Este pequeño capítulo revela algunos secretos nunca contados de cómo mantener y llevar un estudio de audio digital, lo que incluye encargarse de los caprichos del código de tiempo que simplemente no se queda estable, cómo hacer limpias conexiones AES/EBU, consejo sobre como formatear discos duros, y más.

II. El Código de Tiempo y la Señal de reloj en un Sistema Digital

Desviándose desviándose desviándose

Un ingeniero intento sincronizar una pletina de cinta analógica, un secuenciador de una pletina de cinta digital haciendo depender a todos del código de tiempo que venía de la pletina analógica. La sincronización parecía funcionar bien durante un corto momento, pero después de un par de minutos se dio cuenta de que la pletina analógica se estaba desviando de la sincronización del resto del sistema. La razón para la desviación era que debe haber (y puede) solo un *master* en cualquier sistema, y en este caso ya había un reloj *master* en el sistema digital - el reloj de audio digital. Cuando un ordenador (o interfaz) recibe código de tiempo, toma un *sello* o *disparador* del primer código de tiempo válido que ve. Desde este punto en adelante, la interfaz ignora el código de tiempo entrante, hace funcionar su propio código de tiempo, ajustado al reloj de audio digital. Las dos fuentes se desviarían a parte si la fuente del código de tiempo entrante no estuviera ajustada a la señal de reloj. En este ejemplo, el código de tiempo de la pletina

> *"Debe haber solo un master en cualquier sistema"*

de la cinta analógica es independiente, basada en la velocidad de la pletina de cinta.

Un método para sincronizar una pletina analógica con un sistema digital es poner en dependencia a la pletina analógica, con el fin de evitar la introducción de *wow and flutter* (distorsión del tono y oscilación), un tipo especial de *volante* sincronizador acelera o reduce la pletina analógica, manteniéndola dentro de un margen aceptable. El otro método es con un generador de reloj digital/regenerador de código de tiempo especialmente diseñado para ajustar cualquier código de tiempo de estilo analógico, que se ajusta a la pletina analógica y lentamente adapta el reloj *master* a la tasa de la pletina analógica. El último método es propenso a provocar una inestabilidad de fase más alta, es mucho mejor (como en el primer método) tener el A/D en sincronización interna.

Cuando se ajustan dos sistemas basados en lo digital a través de código de tiempo, se dará desplazamiento si el uno o el otro están ajustados al código de tiempo o tasa de señal de reloj equivocada. Como hemos mencionado habitualmente el secuenciador pone en funcionamiento la primera salva de código de tiempo y después funciona sobre la señal de reloj. Para evitar la desviación asegúrese de que el secuenciador está ajustado para recibir la mismo señal de reloj y código de tiempo que le *DAW* está transmitiendo. Sería agradable que todos los secuenciadores hicieran esto de manera automática, pero esto solo sucede en un mundo perfecto.

Pull-ups (Polarizadores)

Las cosas son mucho más simples sin video. A 44,1 kHz SR y 30 (25) fps de tiempo de código, hay exactamente 1470 (1764) muestras por fotograma, así que simplemente divida la tasa de audio por un **entero** exacto para llegar a la tasa de código de tiempo. Pero cuando está implicado el video NTSC, la tasa de código de tiempo es más lenta, 29,97 fps, que produce un número no entero de muestras por fotograma. Habitualmente la señal de reloj depende del video, así que requerimos de un sofisticado generador de señal de reloj que haga entrar el video y que produzca señal de reloj con la tasa adecuada, denominado un *pull-up*, aproximadamente 0,1%. Si no, entonces los dos sistemas se desviarán cada uno por su lado y se perderá la sincronización audiovisual (p. ej., la sincronización labial).

Voltajes de Señal de reloj

¡El problema con los estándares es que hay tantos! Con el tren de última hora de lo digital, no se desarrolló un estándar de voltaje para la señal de reloj, y esta falta de estándar ha producido una situación caótica. Muchos de los primeros generadores de señal de reloj estaban basados en generadores de sincronización de video (salva negra), que produce 4 voltios pico a pico en una carga de 75 ohmios (abreviado 4 v p-p). Este es un circuito bastante caro, así que pronto aparecieron los generadores de señal de reloj basados en el estándar de video de solo 1 v. Otros fabricantes establecieron un estándar del nivel del TTL, que ¡si se finaliza es 2,5 voltios, y no concluido podría ser de entre 4-5 voltios! Lo más probable es que si un dispositivo no se ajusta la señal de reloj entrante, o el receptor es insensible o el generador no está transmitiendo suficiente voltaje. En este punto, el único modo de solucionar este lío es insistir en generadores de señal de reloj que producen cuatro voltios y receptores de señal de reloj que pueden aceptar cualquier cosa entre 1 y 5 voltios. Una impedancia coincidente no es tan crítica en las líneas de baja frecuencia como la señal de reloj, así que si la trayectoria del cable es corta, puede ser capaz de hacer que funcione el circuito eliminando la terminación de la carga, o en casos extremos, bajando el valor de las resistencias de la fuente en el generador por debajo de 75 ohmios. Si esto no funciona, entonces necesita un

nuevo generador de señal de reloj. Un osciloscopio puede verificar la amplitud de la señal de reloj. Caveat emptor.

El Video Domésticoy la Sincronización DAR

Sorprendentemente, en el año 2002, la interconexión entre el video y el audio digital está todavía en un estado primitivo.[1] Esto es porque ni la señal de reloj ni el video contienen marcadores en lo que se refiere al comienzo del fotograma de audio digital o los canales. Si usted utiliza video doméstico directamente, producirá una señal de reloj de la frecuencia correcta pero no de la fase correcta.* Es bastante probable que dos grabadores de video que contienen audio digital no estén ajustados en la fase. Esto provocará un desplazamiento de fase impredecible, porque no hay referencia de fase en la sincronización de video, así que piénselo dos veces si se ve forzado a ajustar múltiples dispositivos de audio a través de la sincronización de video. La señal de reloj tiene menos problemas de este tipo, pero todavía no define los comienzos del canal, y esta falta puede dar lugar a inversiones de canal como por ejemplo. La única referencia fiable para la sincronización de múltiples dispositivos es AES-11, también conocido como DARS (señal de referencia del audio digital, *digital audio reference signal*) que es equivalente a AES/EBU cuando se silencia el audio (negro), mantiene marcadores de comienzo de canal (bloques) y relaciones canal a canal. Si debe utilizarse la referencia de una casa de video, sugiero engancharlo a un único amplificador de distribución del que entonces se base en la sincronización AES-11. Al menos desde ese punto, todos los dispositivos subsiguientes estarán adecuadamente referenciados **entre ellos.** Y en el trabajo de multicanal, no se pare el procesamiento de canal en múltiples dispositivos que solo aceptan sincronización de señal de reloj que puede provocar diferencias de latencia (muchas muestras de error) o de situación indeterminada, una variación de 1 o más muestras entre canales. No debería haber ningún problema de sincronización entre canales, si los dispositivos transportan todos los canales y son utilizados en una cadena, cada uno ajustado al anterior. Pero véase el Capítulo 19 para consideraciones de inestabilidad de fase y de estructura al enlazar en cadena. Prevengo contra el uso indiscriminado de nuevas interfaces como USB y Firewire para audio multicanal, hasta que comprendamos las cuestiones de latencia en esto. Ante la duda, inserte señales de prueba coherentes y test de desplazamiento de fase entre canales.

III. Depurando las Interfaces AES y S/PDIF

Cuando se crearon las interfaces AES/EBU y S/PDIF[2] , la utilización de los conectores y cables de audio estándar parecían un regalo del cielo, pero la gente estuvo tentada de utilizar cables de audio normales, que nunca estuvieron destinados a transportar las altas frecuencias el audio digital (unos 6 MHz de tasa de bits para 48 kHz SR). Así que al final acabamos con unos cables especiales tasados en RF sujetados a nuestros pasados de moda conectores XLR. Este problema de identidad probablemente desaparecerá a medida que nos movemos de los dos canales al multicanal, que por lo general requiere de conectores especializados.† El modo más fácil de depurar los problemas de interfaz es

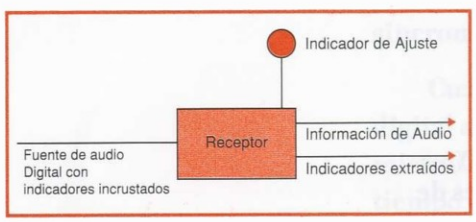
> *"El primer paso para arreglar problemas de interfaz es dividir las cuestiones en dos partes:* **hardware** *y* **software**.*"*

* Gracias a Julian Dunn (en correspondencia) por este buen consejo.

† El interfaz estándar MADI de multicanal utilizan conectores BNC que ya son completamente compatibles con una instalación de video.

dividir las cuestiones en dos partes: *hardware* y *software*. El *hardware* incluye los cables, conectores, y los niveles de la señal, y el software es el flujo de bits y como se interpreta.

Por ejemplo, utilizar DATs de consumo para grabar de una fuente digital solía ser un dolor de cabeza (los DAT ya están oficialmente obsoletos a la publicación de este libro*). Este es el comportamiento típico de un aparato que aparentemente falla: Ajuste la máquina a salida digital, sin una fuente digital, el botón de listo para grabar no se iluminará. Conecte una fuente digital al DAT, y el listo para grabar funcionará así como el indicador de tasa de muestreo, sin embargo, la máquina no entrará en grabación. Algunas máquinas muestran niveles de entrada en sus medidores, otros medidores parecerán estar muertos. Si dividimos el problema en dos partes, se verá claro que el problema no se encuentra en el hardware sino en el software, ya que la luz de listo para la grabación de la máquina nos dice que la máquina está ajustada, está también indicando la tasa de muestreo entrante y a veces incluso el medidor está funcionando. El indicador de bloqueo es la línea de demarcación entre los problemas de *hardware* y *software*, como en esta figura a la izquierda.



El formato AES/EBU o S/PDIF consiste en información de audio digital mezclada con indicadores de estado. El Receptor se ajusta a la señal entrante y la separa en sus partes componentes para su utilización por el DAW, el DAT, etc.

Si no hay ajuste, o el indicador de ajuste es intermitente, o el audio de salida se corta dentro y fuera, entonces mire hacia la parte izquierda de este diagrama por problemas de hardware (nivel de voltaje o problemas de cableado). De lo contrario, el problema está en el software, bien con los indicadores que se transmiten o el modo en el cual el dispositivo interpreta los indicadores (más sobre los indicadores en un momento).

* Reemplazados por los discos duros, CDR y DVD-R

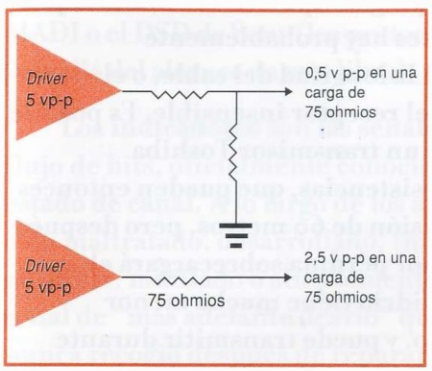
Arreglando Problemas de *Hardware* de la Interfaz

Para el mundo exterior, una interfaz digital o bien parece que funciona o bien no. Nunca tenemos mucha idea de lo bien que está trabajando a menos que se pare o empecemos a medirlo. Me gustaría ver en indicadores de la calidad de la señal en un receptor incluso un indicador de ajuste verde-amarillo-rojo estaría bien. Actualmente el único modo de evaluar una interfaz de *hardware* es medir su rendimiento objetivo mirando a la anchura de un patrón visual en un osciloscopio. Siempre utilice cableado con la misma impedancia, especialmente para trayectorias largas (bien un coaxial de baja pérdida de 75 ohmios para la interfaz no balanceada, o un cable de 110 ohmios para la balanceada). La señal balanceada debería medir entre 2 y 7 voltios p-p, mientras la señal no balanceada no debería estar por debajo de 0,5 v p-p, dentro de una carga terminada (todas las entradas S/PDIF y AES/EBU son terminantes).

Con la interfaz equilibrada, las carcasas son en realidad innecesarias, como puede ilustrarse por el éxito del Mediatwist™, de Belden, que consiste en la unión de cuatro pares de cables cruzados de hasta 8 canales, y con un rendimiento tan bueno como el coaxial de mayor grado. De hecho, el cable Cat 5 de par cruzado estándar Ethernet, hae un muy buen cable AES/EBU, solo por debajo de la calidad del Mediatwist. El mayor problema con el *hardware* de la interfaz de consumo no balanceada es el reducido voltaje (0,5 v p-p), que puede fácilmente degradarse con cables coaxiales de pérdida o largas longitudes de cable. Todos estos problemas podrían haber sido evitados si tan solo el protocolo de la interfaz S/PDIF hubiera especificado 1 voltio como el estándar AES 3-ID, que utiliza un conector BNC popular con las casas de video.

Mejorando la estabilidad de la interfaz no balanceada. La estabilidad de la interfaz no balanceada

puede ser considerablemente mejorada cambiando a una clase superior de cable especial de baja pérdida de 75 ohmios, y/o aumentando el voltaje de salida desde 0,5 voltios a 2,5 voltios, lo que se hace fácilmente reemplazando el divisor de voltaje en el emisor con una única resistencia de 75 ohmios, como en la figura siguiente:



El bajo voltaje de la interfaz coaxial digital puede ser superado, reemplazando la almohadilla de las dos resistencias del transmisor con solo 75 ohmios.

Esta modificación en el lado de la transmisión funciona tan bien porque aumenta el margen de ruido del circuito receptor sin ningún coste importante o interferencia con otros circuitos. *Aviso: la modificación de los circuitos habitualmente invalida la garantía.* Aunque el estándar AES se encuentra entre 2 y 7 voltios, fíjese que habitualmente el mismo chip receptor de audio se utiliza tanto para la decodificación AES/EBU y S/PDIF y puede aceptar desde tan bajo como 200 mv p-p hasta tan alto como 7 voltios, así que los voltajes más elevados nos son habitualmente un problema con S/PDIF, pero los voltajes de origen extremadamente bajos reducen el margen de ruido y pueden introducir pérdidas o fallos. Los transformadores de entrada son casi siempre utilizados tanto para la interfaz balanceada como no balanceada, así que la principal diferencia entre AES y S/PDIF en la entrada es un cambio de conector y de resistencia de terminación entre 75 y 110 ohmios.

Impedancias Desiguales. Una impedancia desigual (así como un circuito desequilibrado) resultará de colocar un conector RCA en un extremo de un cable XLR sin cambiar la fuente o las resistencias de carga. Sin embargo, a unas cortas longitudes de cable e inferiores tasas de muestreo las impedancias desiguales y variaciones de voltaje son un problema mucho menor de lo que se piensa habitualmente. Siempre que la señal se abra paso con el voltaje adecuado y pocas reflexiones (que probablemente no son un problema con un cable corto), el chip receptor lo decodificará sin tener en cuenta la impedancia, aunque con el coste de inestabilidad de fase y posiblemente un reducido margen de ruido. Y el margen de ruido en el circuito digital no afecta a la calidad del sonido a menos que la señal digital sea tan baja que el receptor tenga pérdidas y pierda sincronización. Hay varios métodos de impedancia adecuada de conectar una fuente digital balanceada a una carga no balanceada o viceversa, cuya descripción está más allá del alcance de este libro.[3]

Longitudes de Cable. Cuanto más alta es la tasa de muestreo más corta es la longitud tolerable de cable, debido a la posibilidad de reflexiones interferentes de las impedancias y conectores a cada extremo del cable. El estándar AES3 especifica longitudes utilizables de hasta 100 metros a 48 kHz, lo que es posible con una terminación cuidadosa y un cable de elevado ancho de banda, de impedancia igualada. Sin embargo, 1/4 de longitud de onda es la distancia crítica en la que las reflexiones pueden ser peor, así que los errores de impedancia y de terminación serán agravados con cables que están cerca de unos 20 metros, o 66 pies (48 kHz SR),* o a 33 pies (96 kHz SR). El asunto de la longitud crítica es una razón probable por la que los cables de micrófono de longitud estándar hacen unas malas interfaces de audio digital. Ni el conector XLR ni el RCA fueron diseñados con especificaciones exactas de impedancia, así que evite los paneles pasivos de

* La interfaz de 48 kHz AES/EBU tiene una frecuencia de bits principal de 3,072 MHz, que se extiende hasta unos 6 MHz.

conexiones de *hardware*, empalmes, y múltiples conectores intermedios que tienden a exacerbar los problemas de impedancia.

Afortunadamente, los cables no tienen que ser cortados a la misma longitud, ya que el estándar AES11 permite una tolerancia en la estructura de un 25% y un 25% de un fotograma de 192 kHz es 1,3 us, cuya producción requeriría una diferencia en la longitud del cable de más de 200 metros. Además, si las longitudes de los cables o retardos de los equipos excedieran el error del 25%, la única degradación de la señal sería insertar un retardo de una muestra a la señal (o más muestras para una desigualdad mucho mayor).*

Cables Ópticos y longitud. Obviamente, la impedancia eléctrica no es una consideración cuando la interfaz es óptica. Las preocupaciones principales son la integridad de bits y la inestabilidad de fase. Como explicamos en el Capítulo 19, siempre que la integridad de bits se mantenga, entonces la inestabilidad de fase es solo una consideración cuando se transporta señal a un convertidor D/A o se sincroniza la señal a un A/D. Cuando se utilicen DACs propensos a la inestabilidad de fase, trate de evitar las conexiones ópticas Toslink porque su reducido ancho de banda (3 MHz para la marca Sharp, hasta 6 MHz para el Toshiba) exacerba la instabilidad de fase de la interfaz. Pero la integridad de bits es perfectamente aceptable en una interfaz plástica Toslink, siempre que las longitudes se mantengan por debajo de 5 metros (algunos modelos de receptor soportan hasta 10 metros) más allá de lo cual hay una pérdida inaceptable de señal.

Si tiene que echar un largo cable óptico, un test perfectamente legítimo de la limpieza de una interfaz óptica es la *distancia de margen antes de la pérdida.* Mientras observa el indicador de ajuste de un receptor AES, o, simplemente escuchando al audio, desconecte el cable de la entrada y lentamente tire hacia atrás. La cantidad de distancia a la que puede tirar el conector antes de perder ajuste, es un indicador del margen de sensibilidad del receptor y la fuerza de la señal en el extremo de recepción del cable. Si no puede tirar el cable al menos 1/8 de pulgada, preferiblemente 1/4 de pulgada o más, entonces hay probablemente demasiada pérdida en la longitud del cable, o el transmisor es débil o el receptor insensible. Es posible obtener más salida de un transmisor Toshiba cambiando algunas resistencias, que pueden entonces dar hasta una transmisión de 60 metros, pero después un corto cable de menor pérdida sobrecargará el receptor. La fibra de vidrio tiene mucha menor pérdida que el plástico, y puede transmitir durante miles de pies, tiene también un ancho de banda superior y por lo tanto causa menos problemas de inestabilidad de fase de interfaz, una inestabilidad de fase tan baja como cualquier buena conexión de cobre. Las conexiones de fibra de vidrio pueden incluso tener una menor inestabilidad de fase de interfaz que las conexiones de cobre no balanceadas, porque eliminan los bucles de masa y la sensibilidad EMI. He visto algunos fabricantes adaptar conectores Toslink a fibra de vidrio, pero si quiere una transmisión óptica fiable de larga duración, la mejor solución es cambiar los receptores y transmisores a tipo vidrio, que son eléctricamente compatibles una vez que los ha convertido desde óptico.

Arreglando Problemas de Software de la Interfaz

Si todavía continúa habiendo dificultades después de eliminar los problemas de *hardware*, entonces los asuntos de *software* son obviamente la causa, y, tristemente, estos son mucho menos directos de identificar y erradicar. El DAT citado antes probablemente falló al copiar porque el flujo de

* Gracias a Julian Dunn (en correspondencia) por clarificar la información de estructura.

información tenía una protección anticopia, o el aparato estaba esperando un bit de canal de estado profesional cuando se presento el bit de consumo, o debido a que un indicador de tasa de muestra estaba falseado. Las mismas consideraciones de software se aplican a las conexiones de cobre o a las ópticas, ya que es posible conectar el flujo de bits de consumo o profesional a través de un cable óptico, o protocolos de multicanal como el multicanal MADI o el DSD de Sony (los protocolos multicanal están más allá del alcance de este libro).

Los **indicadores** son las señales de carretera del flujo de bits, oficialmente conocidos como los **bits de estado de canal.** A lo largo de los años, el estándar ha sido maltratado, desarrollado, interpretado de manera múltiple, mutilado o simplemente olvidado, como la señal de "más adelante desvío" que algún trabajador nunca recogió después de reparar la carretera. Esto puede sonar como herejía, pero creo que la actual implementación del estándar es tan pobre que en muchas ocasiones sería mejor para muchos receptores y grabadores que ignoren los indicadores y pidan ayuda humana. Por ejemplo, un problema habitual es un indicador que dice que la tasa de muestreo "no está indicada", lo que hace que algunos DAT paren de grabar. Irónicamente, un receptor no puede leer un indicador a menos que ya esté ajustado a la tasa de muestreo, ¡así que debe saber que tasa está sin el indicador! Por lo tanto, es ilógico para una máquina rechazar una señal de audio digital porque la tasa de muestreo no esté indicada. Y con la llegada de las conexiones duales AES para las dobles tasas de muestreo, cada canal se encuentra a la mitad de la tasa final, así que el indicador debe estar equivocado de cualquier manera. El ser humano debería ser el policía de trafico que tome la decisión final, no la máquina, de este modo los *DAWs* más inteligentes realizan solo ciertas suposiciones sobre el flujo de bits, sino dejan al usuario hacer ajustes desde menús y casillas de verificación. En el caso de DATs recalcitrantes, puede ser necesario insertar un analizador y/o modificador del bit de estado del canal, cambiando los indicadores hasta que el aparato comience a grabar.[4]

Los Indicadores Críticos

- El estado de un bit (indicador) denominado el **PRO** bit distingue el flujo de bits de consumo del profesional. Sin embargo, el flujo de bits profesional solo puede funcionar sobre conectores de consumo y viceversa, y esto se hace mucho. Esto incluye la interfaz óptica Toslink, XLR, RCA y BCN, cualquiera de las cuales puede ser utilizada para llevar información de consumo o profesional (de hecho, pero no por los estándares oficiales). Así que, nunca asuma que el flujo de bits coincide con el conector, a menos que haya investigado los manuales o menús de los equipos, o medido los contenidos del flujo de bits con un comprobador. Afortunadamente, el propio audio está en un lugar común tanto con los flujos de bit PRO y de CONSUMO, y con cierto cuidado, los dos flujos de bits pueden de algún modo intercambiarse.
- Aunque la interfaz puede enviar información PCM de 2 canales de ancho de banda completo, también ha sido utilizada para transmitir información codificada multicanal (con compresión de datos) como Dolby Digital y DTS. El bit **Normal-contra-Información** se utiliza para definir información multicanal codificada, que no puede ser leída por un *DAW* o D/A corriente. Como una precaución, estos decodificadores no producirán audio a menos que se establezca el bit PRO (incluso sobre un conector RCA). El principal peligro es que un grabador digital corriente o D/A puede ignorar el bit de información y enviar ruido de nivel completo por encima de los altavoces. Por esta razón, habitualmente bajo la ganancia del monitor ¡siempre que comienzo a monitorizar un flujo de bits desconocido!

- Los tres bits de **énfasis** en el flujo profesional se solapan parcialmente al **bit de protección de copia** y al único bit de énfasis en el flujo de consumo. Afortunadamente, los *DAWs* profesionales ignoran el bit de protección de copia y la mayor parte de las grabaciones ahora se realizan sin énfasis.[5] En general, el bit de protección de copia y los bits SCMS son solo utilizados cuando se graba a CDs de consumo y grabadores de DAT. Las futuras interfaces digitales abarcaran unos esquemas mucho más rígidos de protección anti-copia, lo que probablemente creará más complicaciones a los profesionales del audio.
- El flujo de bits de consumidor puede transmitir **IDs de programa** (para el seguimiento automático de pistas en los DATs y en los grabadores de CD) pero el flujo de bits profesional no tiene esta prestación, excepto que algunos aparatos de Sony interpretaran los IDs de programa sobre la interfaz profesional.
- El flujo de bits de consumo fue originalmente diseñado para llevar 20 bits de audio, con los restantes 4 **bits auxiliares** disponibles para transportar un canal auxiliar de baja resolución (p.ej., réplicas). Pero el flujo de bits de consumo puede utilizar todos los 24 bits para transportar hasta audio de 24 bits, y esto se ha convertido de facto a pesar de cómo están establecidos los indicadores. Aunque los comités de estándares emplean mucho tiempo revisando cuidadosamente el estándar para que el flujo de bits de consumo pueda indicar la utilización de aquellos 4 bits, actualmente la mayoría de los transmisores y receptores ignoran esos indicadores, y la mayoría de los receptores actuales por defecto asumen el audio de 24 bits. Le corresponde al consumidor tomar una acción apropiada, un *bitscope* (véanse Capítulos 2 y 16) puede ayudar a arreglar las cuestiones. Un convertidor D/A (Prism) y un fabricante de consolas siguen rígidamente el estándar y truncan automáticamente los bits más allá de 20 en el conector de consumo, los conectores profesionales deben ser utilizados en esos dispositivos si quiere utilizar todos los 24 bits de audio.
- Los esotéricos marcadores de consumo que gobiernan el **código de categoría** afectan en la práctica a dos clases de equipos de grabación: el grabador independiente CDR de 16 bits y el grabador DAT. Si el código de categoría del dispositivo origen se ajusta a CD, los grabadores interpretan los bits de usuario como IDs de pista, y si este código de categoría es incorrecto, los grabadores pueden escribir IDs de pista no deseados. Un *DAW* (SADiE) es capaz de enviar IDs de pista de DAT y de CD, y por eso debe ser ajustado a estado de consumo y código de categoría de CD y no debería haber modificadores del flujo de bits en la línea entre SADiE y el grabador para que funcione el seguimiento de pistas automático.

96K y 192K de Dos Cables

Originalmente, la mayor tasa de muestreo que podía ser transportada en una interfaz AES/EBU era 48 kHz (ligeramente más elevada con variación de velocidad). Con el fin de doblar la tasa de muestreo con grabadores que solo podían manejar 48 kHz, se inventó un sistema que situaba la mitad de las muestras en un cable y la mitad en otro, cada cable funcionando a la mitad de la tasa final. Un cable transporta todas las muestras del canal izquierdo y el otro del derecho. Si enchufaba uno de estos cables en un DAC estéreo oiría una señal mono que sonaba un poco extraña ya que la sincronización entre los dos oídos es incorrecta. La mayor preocupación cuando se utiliza el método de dos cables es escribir una documentación impecable, ya que no existe un indicador estándar para indicar el método de doble cable que está siendo utilizado, ni que canal es cual. Mientras se escribe esto, no hay ninguna interfaz oficial de cable único para 176 y 192 kHz SR, así que al menos 2 cables se necesitan, y

a menudo 4 para el estéreo, ¡buena suerte a cualquiera que revuelva esos cables!

Dadas todas estas violaciones y excepciones, ¡es sorprendente que el estándar AES/EBU funcione!

IV. Como Conseguir una Buena Extracción de Audio

Raramente recomiendo marcas de manera descarada, pero en este caso haré un excepción: Plextor. Los lectores de CD ROM de Plextor han sido específicamente diseñados para un audio excelente.[6] La extracción de audio desde CD no es tan fácil como la industria de la informática ha sobreentendido, no es lo mismo leer información de un CD ROM, que puede hacerse a una elevada velocidad. La mayoría de las unidades fallan en esta tarea, y se ajustan por defecto a velocidades que causan pérdidas o fallos en el audio. Por contra, las unidades Plextor tienen a su disposición un protocolo especial que lee y vuelve a leer cualquier porción de un disco, reduciendo la velocidad cuando se necesita, hasta que obtiene una buena lectura. El programa de audio o sistema operativo debe ser diseñado para trabajar con el Plextor que necesita un adecuado acuse de recibo para acelerar y reducir la velocidad. Al escribir esto, solo algunos programas del PC proporcionan esta funcionalidad, irónicamente no sobre Macintosh.

V. CDs Recopilatorios/CDs-A-Petición

La producción de CDs recopilatorios es un problema para el ingeniero consciente de la calidad. En un mundo ideal, el mismo ingeniero de masterización que produjo el disco original debería producir recopilación, lo que ayuda a asegurar la unidad del sonido. En un mundo ideal, los CD recopilación deberían hacerse desde fuentes originales o primeras, no copiando de *masters* finales o de CDs prensados. Ya que si el nivel de una pista (o ecualización) debe ser ajustado, entonces la calidad del sonido se deteriorará cuando vaya de 16 a 16 bits, especialmente cuando se utiliza un *master* altamente procesado de 16 bits como la nueva fuente. Un *master* final representa el final de la línea de una cadena de procesamiento, que incluye la limitación, que no puede ser invertida, solo el nivel puede ser reducido (aunque el sonido se deteriora debido a cálculos DSP adicionales y la acumulación de tramados de 16 bits).

Pero en el mundo real, las compañías discográficas habitualmente no quieren pagar para rehacer lo que ya han amortizado, además, es extremadamente difícil y caro adquirir las fuentes originales desde muchos lugares diferentes. Sin embargo, incluso en el mundo real, todavía podemos tomar algunas decisiones para maximizar la calidad del CD recopilatorio. Intentamos producir copias de bit a bit (clones) con tantas grabaciones como sea posible, las únicas que funcionan juntas en cuanto a niveles - y sonido. Por la misma razón, si una de las grabaciones está fuera de línea y mucho más fuerte, intentáremos convencer a la compañía discográfica para que no tome un enfoque de mínimo común denominador; lo que es mejor que disminuir el nivel de la grabación fuerte, lo que evita la utilización de procesamiento que degrada, en la mayoría de las grabaciones.

La frase un CD de buen sonido a libre disposición de todos es un oxímoron. En cuanto se les ha dado a los usuarios la capacidad de crear sus propios CDs desde un producto previamente masterizado, cambiar los niveles y después (esperemos) volver a tramar a 16 bit, la calidad del sonido sufrirá. No existe atajo ni sustituto para un buen ingeniero de masterización que trabaja a partir de fuentes de primera generación (sin masterizar).

VI. CD de Texto

El ingeniero de masterización Jim Rusby, un experto en el CD de texto, explica el proceso:

> Un **CD de Texto** es una función que proporciona títulos, autores, e incluso letras de canciones en la pantalla de los reproductores de CD especialmente equipados. Sea consciente de que la mayoría de los replicadores (fábricas de prensado) están preparadas para CD de Texto, pero muchos de los CD agentes no, incluso si dicen que lo están. Hay dos esquemas para CD de Texto. Uno (y el más común) coloca el texto en el área de inicio de pista. Los otros lo extienden dentro de la zona de programa; este esquema es también usado para aplicaciones especiales como el Karaoke.
>
> Sony ha estado distribuyendo libremente ***software*** de CD de Texto en su sitio web Austria DADC. El ingeniero de masterización organiza el texto utilizando el software y se generan un conjunto de binarios que residen en un disquete, que es entonces mandado con el disco ***master*** al agente o al replicador. Los campos están disponibles para cosas como ISRC, nombre del álbum, etc. Este esquema es utilizado por muchos (aparte de Sony) - por ejemplo, el sistema Doug Carson lo soporta.
>
> Existen dos fuentes generales de problemas con el proceso:
>
> 1. Expectativas. El CD de Texto está solamente garantizado para trabajar con Reproductores de CD habilitados para CD de Texto. El rendimiento del CD de Texto en los ordenadores (p. ej., Windows Media Player) variará dependiendo de la unidad, ***software,*** y fase de la luna. Algunos clientes confunden el CD de Texto con las bases de datos CDDB - estos son servidores en los que su ordenador se registra y consigue información sobre el disco en su unidad.
>
> 2. ID del producto. En los últimos años un número de grabadores de CD empezó soportando el CD de Texto. Por consiguiente, el cliente escribe la información, graba un disco y lo manda para su replicación. Los discos prensados vuelven sin texto en ellos. Asegúrese de decir a su agente o replicador de que esto es un título del CD de Texto. No envíe simplemente el disco esperando que todo vaya bien. La mayoría de los replicadores tienen códigos de producto. Ellos asignan un número a su producto que puede indicar lo que hay en el disco - y este código puede decir al sistema de montaje que información necesita ser pasada. Muchas veces hay caracteres de información falsa en los campos de texto o títulos no de texto. El replicador no quiere dejar pasar información que no sea válida, así que si piensan que es directamente audio no activarán la característica de texto. Algunos replicadores pueden requerir que el texto sea presentado usando el método del disquete.*

* **Jim Rusby, en el** *Mastering Webboard.*

VII. ¿Por qué muchos ingenieros de masterización usan conexiones no balanceadas entre equipos analógicos?

Mi filosofía es: Siendo todo igual, lo no balanceado es mejor, lo que puede reducirse a una filosofía *menos* es *más.*

Aquí están las advertencias: En una sala pequeña, donde toda la potencia viene de una fuente central, y todo el equipo analógico está enchufado a está fuente de alimentación y ningún audio analógico entra o sale de la sala, y tiene las cuestiones de la señal ruido y del techo dinámico en orden, entonces el no balanceado tiene casi siempre un mejor sonido que el balanceado. La mayoría de los equipos balanceados se crean de las conexiones no balanceadas internas, mediante el añadido de etapas adicionales de amplificación, que a menudo crean una pérdida de transparencia; sin embargo, es importante estudiar los esquemas y determinar si éste es el caso. En estos casos, podría eliminar las etapas extra, también siendo consciente de la estructura de ganancia interna, techo dinámico, y capacidad de manejar de las partes internas, que van a ser expuestas al mundo exterior.

Excepciones: a) Equipo cuyas etapas balanceadas están tan bien diseñadas, que es imposible diseñar la misma pieza de equipo con menos etapas desequilibradas, que la versión equilibrada. b) Equipo que usa topología balanceada por todas partes, con componentes internos impecablemente diseñados en una configuración de imagen espejo. ¡Pero no estoy tan seguro de si suena mejor porque está balanceado o simplemente porque es mejor!

VIII. ¿Simulación de cinta analógica en el proceso de mezcla?

Estoy preocupado por la recomendación de la utilización de simuladores de cinta analógica en el proceso de mezclas a menos que tenga monitorización de primera clase que pueda decirle inequívocamente cuando (si) ha ido "demasiado lejos". No hay nada peor que el sonido de una cinta analógica sobresaturado; gire el mando del simulador un paso más allá y el sonido cambiará de una "buena" distorsión a una "mala". ¡Una vez hecho cualquier daño, no puede deshacerse sin una remezcla y es mucho más fácil hacer mezclas alternativas en el momento de la primera! Además, he encontrado que después de una buena masterización, un poquito de simulación de una cinta analógica es suficiente; así que usando tal dispositivo en la cadena de las mezclas puede ser un problema, ya que no es posible anticipar su interacción con los procesadores de masterización. Como de costumbre recomiendo que los ingenieros de mezcla envíen dos versiones de una mezcla a la casa de masterización, una con y otra sin procesamiento. Esto se aplica a cualquier procesador(es) en el bus de mezclas, a menos que el procesador esté tan ajustado que eliminarlo alteraría seriamente el propósito de la mezcla

Hablando de Flujo

Para estos intentos de conseguir *ese sonido* con una cinta analógica, personalmente, he encontrado que las cintas analógicas suenan demasiado *saturadas, indefinidas, y turbias* a +9, en 9 de cada 10 proyectos según mi experiencia. Para ser más explicito, reducir el nivel hasta 0 VU = +6 dB sobre 200 nW/M (conocido coloquialmente como +6), que es lo mismo que 0 VU = +4 dB sobre 250 nW/M, es el límite práctico para GP9, la cinta más caliente realizada por Ampex. Es mejor, en mi opinión, ponerlo en marcha a +6 o inferior y usar el extra como techo dinámico, especialmente usando vúmetros. (Véa Apéndice 5)

IX. Códigos ISRC y UPC/EAN

El código **UPC/EAN** es también llamado datos de Modo 2 y es un código de barras que contiene información sobre el producto. La mayoría de las veces los datos de Modo 2 son añadidos en la fabrica, pero los *DAWs* incluyen un espacio para que esos datos sean añadidos por los ingenieros de mezclas. El **Estándar Internacional de Grabación de Código**, definido por el RIAA es un código único para cada pista en el CD. Esto permite el uso de sistemas de registro automáticos para ser usados en las estaciones de radio para seguir la pista de los derechos de autor/propiedad. El sistema es muy popular en Europa y lentamente gana aceptación en EE.UU. La etiqueta de registro proporciona los códigos a introducirse en cada pista.

ISRC contiene exactamente 12 dígitos; solo los dígitos sin ningún guión deberían ser introducidos en el *DAW*. En el código ISRC: ES-BO1-01-10503, los dos primeros dígitos son el código de país (en este caso, ES para España), los siguientes tres dígitos son el código para la etiqueta de registro de la distribución original, que posee los derechos. Los dos dígitos siguientes son el año en el que la canción fue grabada, y los cinco últimos son códigos de grabaciones designados para la versión de la propia canción. Esto es, la versión de Elton John de *Your Song* tendrá un código ISRC diferente de cualquier cubierta de la misma canción.

X. ¿Qué hay de especial en el PMCD?

El término **PMCD** fue inventado por Sonic Solutions como un método de permitir que los *glass masters* graben directamente desde CDRs. Sin embargo, hasta la fecha dudo que haya alguna fábrica que continúe grabando *glass masters* usando el método PMCD, desde que los sistemas Doug Carson introdujeron un sistema diferente que permite a los *glass masters* ser grabados de cualquier estándar de prensado o CDR. Así que no hay nada especial sobre PMCD y la mayoría de los ingenieros de masterización que pueden escribir "PMCD" en la etiqueta están probablemente creando CDRs del estándar del libro naranja.

XI. La confusión del DVD escribible

Estos son medios relativamente nuevos y hay mucha confusión sobre sus capacidades y distinciones, y los "estándars" están cambiando continuamente. Aconsejo a los clientes que manden ficheros de mezclas en CD-ROM aunque el DVD pudiera ahorrarles unos cuantos discos, ya que los CD ROMs son todavía los más compatibles con los lectores típicos.

DVD-RAM es un medio reescribible, que pretende ser capaz de permitir 100.000 ciclos de re-escritura, pero la mayoría de los reproductores de DVD existentes no pueden leer discos DVD-RAM. DVD-RW puede ser leído en más reproductores, y la tecnología está limitada a 1000 ciclos de re-escritura. Busque un reproductor etiquetado *RW-compatible*. Los reproductores para cada formato requieren discos vírgenes específicos, que no son intercambiables. DVD-R puede ser reproducido en la mayoría de los aparatos reproductores de DVD más importantes, aunque todavía tiene dificultades con las unidades de ordenador más viejas. DVD-R puede solo ser escrito una vez, lo que no es un problema ya que el coste de un DVD virgen se ha vuelto asequible.

XII. Materizando para Vinilo o Casete

Las consideraciones completas requeridas para la masterización de vinilo y de casete requieren más espacio del que hay disponible en este libro. En estos días, la mayoría de los ingenieros de masterización no tienen un torno de grabación, y deberían dejar a los expertos hacer el procesamiento final para vinilo, que

normalmente incluye el estrechamiento de la separación del extremo inferior para protección de las salidas del surco, y alguna limitación de las altas frecuencias para proteger la cabeza grabadora. El ingeniero de grabación de LP también determinará el nivel del disco; no hay nada que un ingeniero de masterización haciendo un DAT o CDR pueda hacer sobre le nivel absoluto del vinilo final. Cuando se hacen *masters* para vinilo, la única cosa de la que hay que preocuparse es la **duración,** especialmente cuando hay mucho bajo en la grabación. Una cara de diez minutos es habitualmente un problema cuando hay un bajo fuerte. Es técnicamente posible poner media hora en una cara de un LP, pero casi inevitablemente con pérdida de nivel, de separación estéreo y/o de bajo.

La casa de replicación de casete podría no tener un ingeniero de masterización habilidoso, ya que el ingeniero digital original debería hacer un premaster especial para casete, siguiendo el procesamiento y las directrices de niveles en el Capítulo 15. Intente hacer la Cara A el lado más largo, de otra manera en el coche habrá una irritante pausa en la música al final de la Cara A.

XIII. Formateo de Disco Duro de Bajo Nivel frente a Alto Nivel

La mayoría de los sistemas operativos y discos de utilidades proporcionan una opción para **formatear** un disco duro, pero el ingeniero debería ser consciente de que hay dos diferentes grados de formateo: bajo nivel y alto nivel. El formateo de alto nivel es el tipo más común. El formateo de alto nivel instala el sistema de ficheros y un nuevo directorio, p.ej., Mac HFS, o FAT32, y es la formas más fiable para inicializar (eliminar y borrar) los directorios en un disco. Debería llevar solo un par de minutos formatear a alto nivel un disco duro de cualquier tamaño. Noté que el formateo de alto nivel no borra todo el disco; sus ficheros antiguos están probablemente todavía allí y un ladrón inteligente puede encontrar rastros de ellos incluso aunque el antiguo directorio se haya ido, con tal de que los ficheros antiguos no hayan sido sobrescritos.

El **formateo de bajo nivel** borra completamente un disco duro, y de este modo podría llevar de varios minutos a varias horas dependiendo del tamaño del disco. El formateo de bajo nivel reinicializa los sectores y compensa los cambios físicos en el disco a medida que envejece, y también trazar sectores malos que tienen errores. Es una buena forma para verificar cualquier disco duro sospechoso, y es bueno para rejuvenecer una unidad que tiene un par de años y aparentemente en buena forma. Lea los informes de error después para ver cuantos sectores o bloques fueron trazados, ya que cualquier cosa más que, digamos, de 5 a 10, indica que el disco está en su camino al cielo de IBM.

XIV. Controles de Monitor Digital frente a Analógico

Como aprendimos en el Capítulo 16, algunos sistemas analógicos funcionan mejor que los digitales, y viceversa. Los controles de nivel de monitor digital utilizados solían sonar bastante pobre, pero unos sistemas bien diseñados suenan tan transparente como sus homólogos analógicos, con tal de que usemos bajas cantidades de atenuación. Un control de nivel de alta resolución digital bien diseñado tiene correlación con las ganancias de RP200 que no requerirán mucha atenuación para producir un volumen adecuado. Antes de comprar, pruebe la distorsión del sistema propuesto usando una FFT y también a través de unas cuidadosas escuchas comparativas con un sistema basado en analógico, al mismo volumen. Lo mismo

ocurre para los convertidores D/A con controles de nivel de monitor digital incorporado; algunos suenan extremadamente transparente, y otros bastante granulados debido a la distorsión de cuantización.

---

1 El SMPTE está desarrollando un estándar universal, para reemplazar la referencia de video. Este estándar propuesto define un formato para la transmisión de una referencia de tiempo y fecha universal, llamada la Referencia de Tiempo Absoluta (*Absolute Time Reference*, ATR) para la distribución de información de sincronización y para la distribución de tiempo. Esto está bajo la jurisdicción del grupo SMPTE, así como del grupo de trabajo de la AES SC-02-05.

2 S/PDIF viene de *Sony Philips Digital Interface*, que se desarrollo en el estándar IEC 60958 que supera ampliamente al IEC 958. Oficialmente tipo 1 es de consumo, con el flujo de bits de consumo (protocolo) sobre conectores RCA o Toslink ópticos balanceados. El Tipo 2 es el profesional, con el flujo de bits profesional sobre conectores XLR balanceados. Hay existe también el estándar AES-3 ID, que transmite el flujo de bits profesional sobre un conector BNC de 75 ohmios a 1 voltio p-p. Sin embargo, como este capítulo señala, el diablo se encuentra en los detalles.

3 Una búsqueda en Internet de IEC 958 produjo esta URL llena de recursos: http://www.epanorama.net/documents/audio/spdif.html, que incluye algunos circuitos balanceados y sin balancear. Sin embargo, la mayor parte de las veces, recomiendo utilizar un chip oficial RS-422 receptor/transmisor ya que el método común de rechazo será superior.

4 Digital Domain fabrica un sencillo modificador/analizador del bit de estado del canal conocido como el FCN-1. Pueden obtenerse analizadores más sofisticados de Audio Precision, Neutric, Prism, Audio Digital Technology (ADT) y otros.

5 **Énfasis,** también conocido como **pre-énfasis,** es una curva de ecualización. Si el énfasis esta desconectado, entonces tanto la grabación como la reproducción se hacen de manera uniforme. Si el énfasis esta conectado, entonces la grabación tiene un incremento especifico de las altas frecuencias, y la reproducción un corte correspondiente en las altas frecuencias, destinado a mejorar la tasa señal ruido. Sin embargo, como la SNR de los 16 bits uniformes es más que adecuada, y como el techo dinámico se reduce al utilizar el énfasis, la práctica ha sido bastante abandonada. Lo que es más, el indicador que pertenece a esto ha sido maltratado por el conflicto del pro-consumidor y ha caído en desuso. Si sospecha que una grabación ha sido realizada con énfasis, es aconsejable reecualizarla (reducir los altos).

6 Todos tenemos una gran deuda con el ingeniero de masterización Glenn Meadows por haber trabajado con Plextor para producir unidades que se ajusten a las necesidades de los ingenieros de audio, e informar a la comunidad de audio de su rendimiento.

"Lo arreglaremos en el empaquetado."

—Frank Zappa

PARTE IV: FUERA DE LA JUNGLA

"Cada día
de cada manera
estoy mejorando
más y más"

— Bob's Mom

Capítulo 21

Educación, Educación, Educación

¿Qué Hemos Aprendido?

A medida que llegamos al final de este libro, ha quedado claro que el oficio de **Masterización** requiere una enorme atención al detalle, conocimiento técnico y musical, además de la capacidad de llevarse bien con una amplia gama de personas desde artistas a ejecutivos de compañías discográficas. En otras palabras, *ser capaz de saltar sobre altos edificios en un simple salto.* Pero como Superman no está disponible, los humanos tienen que sustituirle, y todo lo que podemos hacer es tratar de alcanzar un ideal. Nadie es perfecto - cometemos errores todo el tiempo, el truco es conseguir corregirlos antes de que el producto salga. De esto va un sistema de **control de calidad,** reduciendo el nivel de errores hasta que estén *por debajo del radar.* Todo lo que podemos hacer es tratar de medirnos a nosotros mismos con las severas palabras que mi madre me enseño: "Cada día de cada manera estoy mejorando más y más."

Otra área que hemos acentuado es que la **masterización de buena calidad** requiere una sala especializada con una acústica refinada y una reproducción exacta. Pero con un buen equipo de audio y un ingeniero con talento, un típico estudio de proyecto puede producir un *master* de buen sonido, aunque con ventiladores ruidosos, monitores de baja resolución, consolas que interfieren y superficies en parrilla, el trabajo supone un proceso laborioso, de prueba y error. Compruebe el material en tantos entornos alternativos como sea posible. Los estudios de proyecto que desean hacer masterización, deberían construir una sala dedicada para este propósito y contratar un ingeniero dotado para las técnicas de masterización. Sin embargo, si por razones económicas debe masterizar sus propias mezclas,* y en un entorno menos que ideal, entonces utilice los consejos de este libro tanto como sea posible. También, masterice con la ayuda y **perspectiva** de un

* Quizás equivocadamente, ya que cortar esquinas en la última etapa antes de producir un disco puede ser muy costoso a largo plazo.

productor experimentado presente, o un profesional objetivo en cuyos oídos confíe. La opinión de otra persona le asegurará que no esté tan pegado al material que esté dejando pasar algo esencial, especialmente si usted es el artista. Por ejemplo, si se sabe las letras de memoria, ¡entonces probablemente usted es la persona equivocada para juzgar el nivel vocal! Esta es la razón por la que los ingenieros de masterización evitan masterizar sus propias mezclas, yo trato de ir a otro ingeniero para masterizar trabajo que yo he mezclado - para obtener su valiosa perspectiva. Masterizar su propio álbum es como casarse con su prima carnal. ¡Nunca sabrás como saldrán los niños, o quizás si lo sabe![*]

> Sin colaboración a la música no se le da su potencial completo. Hay una razón por la que usted tiene el talento, el ingeniero y el productor ya que cada uno se preocupa de sus propias cosas y pueden colaborar en el resultado final. Cuando la música se hace en un ***vacío virtual,*** no suena tan bien.[†]

La Cura para el Oído

Nuestra audiencia de escucha crítica está disminuyendo, ¡porque la agudeza auditiva media del oyente moderno ha ido deteriorándose, década a década! Vivir y trabajar en la ciudad causa un desplazamiento del umbral de nuestra sensibilidad auditiva, y la exposición a música de niveles altos, distorsionada, en las discotecas puede provocar un permanente daño auditivo. El oído contiene partes diminutas, delicadas que pueden soportar mucho bombardeo antes de rendirse. Los dueños de las discotecas deberían ser obligados a repartir tapones para los oídos a los clientes que entren por la puerta, porque el alcohol atonta todos nuestros sentidos y no nos damos cuenta de que nuestros oídos están siendo bombardeados. Es el equivalente físico de clavar miles de agujas en nuestros brazos y piernas durante toda la noche, ¡pero ignorando el dolor! Nuestro trabajo como profesionales del audio es educar a nuestra audiencia en estos peligros muy reales.

Cuando los clientes van a conducir o volar una larga distancia a la sesión de masterización les aconsejo que lleven tapones para los oídos o cualquier protección auditiva - algodón o tejido es mejor que nada. Esto reduce ampliamente la fatiga del viaje. Sugiero que viajen la noche anterior y que descansen bien antes de la sesión lo que reduce su desplazamiento del umbral, y mejora su percepción durante la masterización.

La Cura Para Nuestro Arte: Piense A Largo Plazo

Necesitamos enseñar a las compañías discográficas que el enfoque orientado a los *singles* es contraproducente. Parece atractivo para la línea inferior de la cuarta parte, pero no deja patrimonio para el futuro. En lugar de ello, deberían cultivar artistas que tengan capacidad de resistencia, y valor duradero.

La Cura para el Stress: Rango Dinámico

No todas las grabaciones se benefician de tener rango dinámico, pero siento que las actuales tendencias de la grabación de música pop han llevado el cansancio de *golpearlo contra la pared una y otra vez* a un extremo. Así que me gustaría brevemente analizar el fenómeno y los modos en los que podemos educar a la gente para que simplemente vea lo que se ha estado perdiendo. Estos días, los medios audiovisuales son percibidos como publicidad, buscando de manera continua captar nuestra atención. Este bombardeo es muy estresante, y debido a esto, dejamos de prestar atención, lo que transforma en un papel pintado sonoro, tan solo ruido para nosotros. Aunque no es un

---

* Un ingeniero de masterización compara la masterización de las propias mezclas con ¡cortarse a si mismo el pelo!

† Tom Bethel, del *Mastering Engineer's Webboard.*

anuncio, una discoteca donde se les da efecto a los discos está orientada a los *singles*, y en ese contexto, el sonido rítmico, incansable, puede funcionar bien, el ejercicio de la danza libera del stress y es muy excitante - aunque no sé como los solteros pueden conocerse ¡si no se pueden oír por encima de la música! Pero más allá de los *singles* y el ambiente de fiesta, un álbum musical no es un anuncio por si mismo, es (esperemos) una obra de arte. Afortunadamente, existe una amplia fusión donde la música adecuada para el baile, sirve también para una agradable experiencia de escucha *sentada*. Pero lo que enriquece la experiencia *sentada* es un álbum bien planteado, con una utilización artística del rango dinámico, números rápidos y suaves, que ejercitan nuestros sentidos y que pueden aliviar el stress mucho más que una hora de golpes incesantes.

El problema es que el rango dinámico se ha convertido, cada vez más, en un raro fenómeno en la música pop, debido a las infructuosas guerras del volumen, y la presión de los A&R para hacer un disco que pueda abrirse paso a través de la tasa señal ruido de los restaurantes, los quioscos de las tiendas de discos, la reproducción en el coche, etc. Hace años, se escuchaba solo música en el coche de la radio ya comprimida, y en casa escuchábamos *álbumes de grabación*. Pero el público de hoy escucha CDs en el ruidos coche, y en casa hace más que antes una escucha esporádica y de fondo, por lo que el número de oyentes críticos es una parte más pequeña de la audiencia total. Parte de este público se ha hecho perezoso y espera que su cambiador de CDs funcione como una radio, manteniendo un volumen constante con cada CD. Esto hace que algunos productores de discos ansiosos pidan más compresión, hasta el extremo en el que la calidad sonora es dañada. Irónicamente, han sido descubiertas nuevas paletas sonoras (como el **rallado**) de los procesos de distorsión que utilizamos para hacer las cosas más altas, pero ¡esperemos que no toda la música tenga que ir de este modo! La respuesta es **EDUCACIÓN...**

Necesitamos instruir a los productores en que los CDs hipercomprimidos, fatigosos, no se escucharán más que una vez - el disco pierde una publicidad crítica de boca a boca. Enséñeles que una cantidad decente de rango dinámico ayuda a hacer al álbum más disfrutable, más vivo, incluso más claro en la mayoría de los casos, que la calidad del sonido sufre a medida que el nivel medio aumenta. Enséñeles que la hipercompresión es incompatible con la radio y la compresión (MP3) de pérdida (véase Capítulo 10, Apéndice 1). Irónicamente, las grabaciones que suenan **más altas** y más impactantes en la radio, son habitualmente las que tienen un **menor** volumen absoluto en el CD.

Necesitamos instruir al público en que es normal ajustar el control de volumen de CD a CD, y subirlo y bajarlo en un coche ruidoso. Enséñeles a utilizar el botón del compresor si les molesta manejar los niveles. Desgraciadamente, la desaparición del casete de audio ha eliminado nuestra oportunidad de publicar en dos formatos, uno con reducido rango dinámico, todos los nuevos formatos tienen una tremenda capacidad de rango dinámico. Así que ahora tenemos que ir a soluciones en el equipo del consumidor, lo que incluye metadatos (Capítulo 15), si alguna vez cuaja.

Necesitamos instruir a los fabricantes de equipos de audio de coche en que las grabaciones varían en sus niveles y así deberían ser, así que un compresor debería ser una parte esencial de todos los sistemas de coche ruidoso. Algunos coches sofisticados cuentan con controles automáticos de nivel relacionados con la velocidad y el nivel ambiente, lo que es un tremendo avance de ingeniería. Cuando la mayoría de los coches tengan estos equipos, habrá menos demanda del productor de material sobre comprimido.

Necesitamos instruir a los fabricantes de equipos de audio doméstico en que todos los cambiadores de CD y DVD deberían tener botones de compresor. Llamémosle el *botón de fiesta*. A medida que avanzamos a medios que aceptan metadatos, como el DVD y el DVD-A, los fabricantes deberían incluir controles ergonómicos que calculen niveles *dialnorm* (véase Capítulo 15), lo que permite a los oyentes esporádicos cambiar de medio sin mover el control de volumen.

Necesitamos instruir a los nuevos ingenieros de masterización enseñándoles a estudiar las grabaciones pop de gran sonido de antaño. Muchas de las grabaciones hipercomprimidas de hoy suenan peor que las grabaciones analógicas de los 60 y los 70 y tienen un rango dinámico mucho menor. Aunque las grabaciones pop más antiguas se reproducen bien en cualquier lugar, lo que ilustra otra vez que la hipercompresión es innecesaria.

> *"Esté preparado para estar al menos 3 dB por debajo del "ganador" ¡si quiere que su disco suene incluso aceptable!"*

La Cura para la Hipercompresión: ¿Cuánto de Alto Debería Hacerlo?

No todos los productores y los ingenieros dominarán los conceptos del K-System (Capítulo 15), pero yo pido a los ingenieros de masterización y a los productores que consideren por favor *¿Cuánto de alto debería hacerlo?* Una respuesta aceptable podría ser: *Súbelo hasta que suene mal y entonces disminúyelo en varios dB.*

En realidad, el mejor modo de "ganar" la carrera del volumen es estar lejos del primer lugar. Esté preparado para estar al menos 3 dB por debajo del "ganador" ¡si quiere que su disco suene incluso aceptable! Y reduzca de manera considerable si está buscando un sonido *abierto, claro, dimensional.*

Nunca he perdido un trabajo al sugerir a un productor que ya he masterizado un disco tan caliente como debería estar, la mayoría de los productores aprecian el consejo de un profesional experimentado. Si lo prefiere de manera diferente, entonces desde luego que lo aumento, ya que el cliente siempre tiene la razón. Pero los ingenieros de masterización deben ganarse la confianza del productor, es a menudo útil hacer una demostración del deterioro sónico si una grabación es subida aun más. Después en la siguiente grabación que hagan juntos, él aceptará su palabra (esperemos) de que el disco está masterizado tan caliente como debería estar. Este poquito de educación y de esfuerzo es un camino seguro de que podemos combatir la guerra del volumen, ruinosa desde el punto de vista sonoro.

Capítulo 22

Por Fin

Por fin llegamos al final. Pero esto no es el final, es un nuevo comienzo, al que se le da vida a través de este poema en las dos páginas siguientes. Mi esperanza es que trabajemos todos juntos para hacer llegar esta visión.

Un Maravilloso Mundo Musical

Veo:
a artistas de talento crear éxitos,
a 30 piezas de grandes bandas emocionar los niños;
a los chicos A&R nutrir el arte,
y a líderes dinámicos prender la chispa.

Veo:
música popular que se atreve a ser original,
grabaciones que son altamente apreciadas;
intérpretes que se preocupan por ser experimentales,
y sonido que no es sintetizado.

Veo:
letras de canciones que vienen directamente del corazón,
con soberbia calidad sónica, éste es el arte;
música alegre que salta de los estantes,
y los músicos relacionándose, ¡eso es nosotros mismos!

Veo:
un mundo que reconoce maestría y entrenamiento
en el mismo audio que no es desdeñado;
donde lo que buscamos es la excelencia global
y el arte viene de la técnica muy trabajada.

Oigo:
un *vibráfono* que no es de un remiendo,
tocando en *conjunto* con un saxófono barítono
variedades de música clásica y jazz,
emocionándonos toda con su energía.

Oigo:
música viva en cualquier sitio
y solamente comprimidos los sonidos de fondo;
gente tonalmente despierta
nos hace realmente dichosos.

Oigo:
grabaciones que inspiran,
nueva música que admiro;
radio que es innovadora,
formas de música tan creativa.

Oigo:
Álbumes de duración completa en mi propia morada
y solamente escucho singles cuando estoy en la carretera;
Hay música también en todos los colegios públicos
nutriendo futuras joyas de la naturaleza.

Trabajaremos todos hacia este cambio:
volved a colocar a los artistas al mando;
una composición cordial organizada
por mentes creativas en libertad.

Bob Katz, Enero 2002

"Nunca dude que un pequeño grupo de ciudadanos reflexivos, comprometidos pueda cambiar el mundo. De hecho, es lo único que alguna vez lo ha hecho."

—Margaret Mead

A cerca de la cita de Margaret Mead en la página anterior, que señala el último capítulo de este libro: El Instituto de Estudios Interculturales (www.mead2001.org) ha sido incapaz de ubicar exactamente cuándo y dónde fue citada primero esta famosa admonición. Creen que probablemente entró en circulación a través de un reportaje de periódico de algo dicho espontáneamente e informalmente. Saben que estaba firmemente enraizado en el trabajo profesional de Mead y que reflejaba una convicción que ella expresó a menudo, en diferentes contextos y términos.

[Apéndice 1]

La Verdad sobre la Preparación para Radio

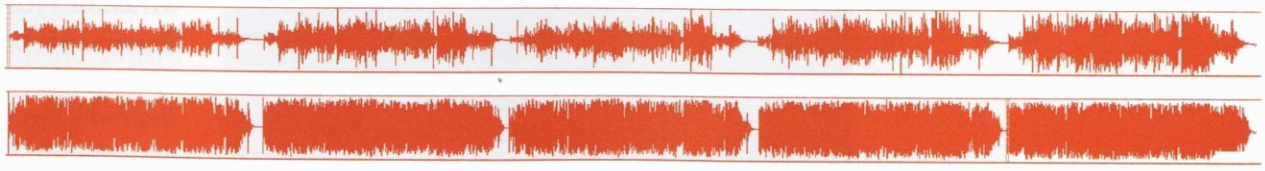
I. Introducción

La radio, como toda la tecnología, está constantemente cambiando. La radio digital cambiará al final el modo en el que suenan nuestras grabaciones, y ahora tenemos que enfrentarnos con la radio de Internet de baja fidelidad. Pero en el futuro inmediato, la mayoría de nuestras grabaciones serán reproducidas en una radio analógica FM estándar. ¿Se ha preguntado alguna vez que sucede a sus grabaciones cuando se reproducen en la radio? ¿Alguna vez se ha preguntado como sacar el máximo partido de la reproducción radiofónica? Me complace presentarles a los autores invitados a los que se debe en gran parte esta sección - Bob Orban y Frank Foti.* Ambos son considerados los expertos mundiales en el procesamiento de la radio. Bob es el ingeniero y diseñador de la línea Optimod de procesadores de audio, mientras Frank, que cuenta con unos amplios antecedentes de ingeniería de radio, es el creador y diseñador principal de la línea de productos Omnia. Juntos, sus productos son utilizados por casi cada emisora de radio del mundo.

En 2000, los participantes en el *Mastering Webboard* se dedicaron a una amistosa colaboración para averiguar que rango de niveles estamos utilizando. El ingeniero Tardon Feathered, de San Francisco, colocó unas mezclas de rock and roll en su sitio FTP, que fueron después descargadas por un gran número de ingenieros de masterización, masterizadas, y vueltas a subir al servidor de Tardon, que después preparó una colección de dos CDs denominada "¿Qué Es Actual?" El volumen absoluto de los cortes de esta recopilación va desde extremadamente caliente y altamente distorsionado a (el monitor bajado hasta unos -14 ref. RP 200) a muy ligero (una posición de monitor de unos -5), ¡una diferencia de volumen de 9 dB!

Después de que "¿Qué Es Actual?" saliera a la luz, los participantes del *Webboard* sintieron que sería importante demostrar lo que ocurre con esos cortes cuando pasan a través del procesamiento de la radio. Entró en escena Bob Orban, que de manera voluntaria proceso la música con los típicos preajustes de emisora de radio. Tardon después produjo un CD recopilatorio que comparaba las canciones antes de después del procesamiento de la radio.

La figura siguiente, cortesía de Tardon es una comparación de varios cortes masterizados de prueba antes y después del procesamiento de Orban.



En la parte superior, cinco cortes masterizados de la misma música, con un volumen y densidad visual que se va incrementando. En la parte inferior, los mismos cortes pasados a través del procesador de radio de Orban.[1]

* Robert Orban, Orban Inc. (una Compañía CRL). Frank Foti, Omnia Audio

Fíjese que a pesar del nivel original, después del procesamiento radiofónico cada corte fuente finaliza con una similar densidad aparente: los pasajes suaves son elevados radicalmente, y los pasajes altos cerrados hasta un límite máximo. He escuchado este revelador CD de comparación cada pista finaliza con el mismo volumen, probando sin la menor sombra de duda que no existe ninguna ventaja en la compresión extrema en la masterización, cuando un corte llega a la radio. He observado también que el procesamiento de radio distorsiona severamente casi todos los originales, excepto la pista más suave que llegó a unos K-14. La pista fuente más a la derecha y más aplastada no era escuchable después de ser procesada a través del Orban. El procesamiento de radio también, de alguna manera, distribuye la imagen estéreo de manera aleatoria y reduce el extremo de los altos, pero la escucha reveló que añadir unos fuertes altos en la masterización solo agravaba la distorsión, no ayudaba a la claridad del producto final. Escuchemos lo que Bob Orban y Frank Foti tienen que decir sobre *lo que hay dentro de la caja...*

II. ¿Qué le Sucede a Mi Grabación Cuando se Reproduce en la Radio? Por Robert Orban y Frank Foti*

Pocas personas en la industria discográfica saben de verdad como una emisora de radio procesa su material antes de que entre en contacto con las ondas FM. El propósito de este artículo es eliminar los muchos mitos y conceptos erróneos que rodean a este arte arcano.

Cada emisora de radio utiliza un procesador de transmisión de audio delante de su transmisor. La función más importante del procesador es controlar la modulación de pico del transmisor a los requerimientos legales del cuerpo regulador del país de cada emisora. Sin embargo, muy pocas emisoras utilizan un simple limitador de pico para esta función. En vez de ello, utilizan cadenas de audio más complejas. Estas pueden restringir de manera exacta la modulación de pico mientras se reduce de manera significativa la tasa pico a medio del audio. Esto hace que la emisora suene más alta dentro de la modulación de pico permisible.

Interferencia Dentro-Interferencia Fuera

Los fabricantes han puesto a punto los procesadores radiofónicos para procesar el limpio, dinámico material programa que la industria discográfica a publicado típicamente a lo largo de su historia. (La única excepción significativa que me viene a la mente son los *singles* de 45-rpm, que a menudo estaban abiertamente distorsionados). Como estos procesadores tienen que procesar palabras, anuncios, y discos antiguos, además del material actual, no pueden ser ajustados de manera exclusiva para CDs "hipercomprimidos", distorsionados. De hecho, la experiencia ha demostrado que no hay manera de ajustarlos de manera satisfactoria para un material que ha llegado tan degradado.

Durante 20 años los diseñadores de procesadores radiofónicos han sabido que obtener el volumen consistente más alto con máxima garra y limpieza requiere de un material fuente extremadamente limpio. Durante más de 20 años, Orban ha publicado documentación para ayudar a los ingenieros de radio difusión a limpiar sus trayectorias de señal. Esa documentación enfatiza que cualquier recorte de la trayectoria antes del procesador provocará una sutil degradación que el procesador a menudo exagerará gravemente. La documentación estimula promueve un techo dinámico adecuado y una amplificación de baja distorsión para evitar el recorte, incluso cuando un operador lleva los medidores a la zona roja.

* Editado y adaptado de una presentación del 2001 en la AES.

Alrededor de 1997, empezamos a darnos cuenta de que llegaban a las emisoras de radio CDs que habían sido predistorsionados en la producción o en la masterización para aumentar su volumen. Por primera vez, empezamos a ver una recurrente parte superior plana provocada por un recorte de fuerza bruta en el proceso de producción. Los procesadores radiofónicos reaccionan a los CDs distorsionados exactamente del mismo modo que han reaccionado al material recortado de manera accidental durante más de 20 años - exageran la distorsión. Debido a la rotación de fase, el recorte de la fuente nunca incrementa el volumen emitido - simplemente añade *grunge*.

Los autores comprenden el razonamiento que hay detrás de las guerras del volumen de los CDs. Del mismo modo que las emisoras de radio quieren ofrecer la señal más alta del dial, es evidente que los artistas de grabación, los productores, e incluso algunos sellos discográficos quieren tener un producto alto que resalte de sus competidores en un cambiador de CD o en la emisora de escucha de una tienda de música.

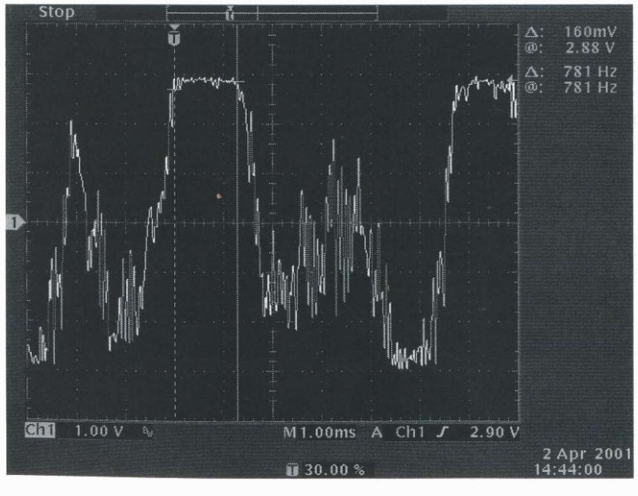
En la transmisión de radio, esta competición ha existido desde alrededor de 1975,[2] cuando las emisoras de radio utilizaban un sencillo recorte para subir el volumen, y esta técnica ahora ha migrado a la industria de la música. La figura a la derecha muestra una sección de una forma de onda severamente recortada de un CD contemporáneo.

El área marcada entre los dos punteros resalta la porción recortada. Esta es una de las raíces del problema tal y como se describe en este artículo, el otro es la excesiva limitación digital que no provoca necesariamente una parte superior plana, pero también elimina la garra y el impacto de los transitorios del sonido.

El problema hoy es que ahora tenemos un sofisticado y poderoso procesamiento de audio para el sistema de transmisión de radiodifusión y este procesamiento no coexiste bien con una señal que ya ha sido severamente recortada. Desgraciadamente, con los actuales CDs de pop, el ejemplo mostrado arriba es más la norma que la excepción.

El ataque y la liberación características de la compresión multibanda de radiodifusión fueron ajustados para sonar de una manera natural, con material fuente que tenía tasas pico a medio de corto periodo, típicas del vinilo o de los CDs anteriores a 1990. La excesiva limitación digital del material fuente reduce radicalmente esta tasa pico a medio de corto periodo y se presenta al procesador de radiotransmisión un nuevo tipo de fuente que el procesador de radiodifusión maneja de manera menos grácil y natural de lo que lo hace con material más antiguo. En vez de tener garra, el sonido en el aire producido por estas fuentes hipercomprimidas es pequeño y plano, sin los contornos dinámicos que dan a la música su impacto dramático. El sonido en el aire parece papel pintado musical y hace que el oyente quiera reducir el control de volumen a niveles de fondo.

Hay un mito, por el que el procesamiento de radiodifusión afecta menos al material hipercomprimido de lo que lo hace el material producido de



Una forma de onda gravemente recortada de un CD contemporáneo.

manera más natural. Esto es verdad en únicamente un aspecto, si no hay ningún rango dinámico de periodo largo entrando, entonces el AGC* del procesador de transmisión no lo reducirán más. Sin embargo, el procesador de radiodifusión todavía operará sobre los envoltorios de periodo corto del material hipercomprimido y reducirá más la tasa pico a medio, degradando el sonido incluso más.

El material hipercomprimido no suena más alto en la radio. Suena más distorsionado, haciendo que la radio suene como estropeada en casos extremos. Suena pequeño, agobiado, y plano no da una buena sensación al oyente cuando se sube, así que él o ella lo escucha como música de fondo. La hipercompresión, cuando se combina con los niveles "de mercado" del procesamiento radiofónico, absorbe el dramatismo y la vida de la música. En casos más extremos, suena abiertamente distorsionado y es probable que provoque que los adultos desconecten la radio, particularmente las mujeres.

Una Típica Cadena de Procesamiento, Que Sucede Realmente Cuando Su Grabación se Retransmite por Radio

Una típica cadena consiste en los siguientes elementos, en el orden en el que aparecen en la cadena:

Rotador de fase. El rotador de fase es una cadena de filtros de multipaso (típicamente cuatro polos, todos a 200 Hz) cuyo retardo de grupo no es muy constante como una función de frecuencia. Muchas formas de onda de voz (particularmente las voces de hombre) exhiben una asimetría de tanto como 6 dB. El rotador de fase hace las ondas de forma de voz más simétricas y puede en ocasiones reducir la tasa pico a medio de la voz unos 3-4 dB. Debido a que este procesamiento es lineal (no añade nuevas frecuencias al espectro, por lo que no suena estridente o desenfocado) es lo más cercano a un "almuerzo gratis" de lo que uno obtiene en el mundo del procesamiento de la transmisión.

Hay unos cuantos precios a pagar. En los buenos viejos tiempos, cuando el material fuente no estaba sumamente recortado, el precio principal era una reducción muy sutil de la transparencia y la definición de la música. Esto era ampliamente aceptado como una contrapartida válida para obtener una muy reducida distorsión de la voz, porque los efectos del rotador de fase en la música, es improbable que se oigan en las típicas radios de consumo, como radios de coche, radiocasetes portátiles, portátiles tipo "Walkman", y radios de mesa.

Sin embargo, con el aumento de los CDs recortados, las cosas han cambiado. El rotador de fase cambia radicalmente la forma de su onda de entrada, sin cambiar su equilibrio de frecuencia: si usted mide la respuesta de frecuencia del rotador de fase, medirá "plano" a menos que haya medido también la respuesta de fase, en cuyo caso diría que "la respuesta de magnitud" era plana y la respuesta de fase era altamente no lineal con la frecuencia. El efecto práctico de esta respuesta de fase no lineal es que las partes planas superiores de la señal original pueden acabar en *cualquier sitio* de la forma de onda, después del procesamiento. Es común verlos ir rectos después de cruzar el cero. Acaban pareciendo pequeñas secciones suavizadas de la forma de onda donde falta todo el detalle, un poco como la cicatriz de una grave quemadura. Esta es una metáfora apta de su efecto audible, porque no ayudan más a reducir la tasa pico a medio de la forma de onda. En lugar de ello, su único efecto es añadir una innecesaria distorsión tipo *grunge*.

Ha habido un mito en el mundo de la grabación de que el procesamiento de radiodifusión modificará

* Control Automático de Ganancia (*Automatic Gain Control*) un tipo de compresión que sube los pasajes de nivel bajo. Véase Capítulo 11.

estos CDs recortados, sobrecomprimidos menos que los CDs limpios, dinámicos. Gracias en parte a la rotación de fase este argumento es absolutamente falso. En particular, cualquier recorte del material fuente no provoca sino distorsión añadida sin incrementar nada el volumen en el aire.

AGC. La siguiente etapa es habitualmente un AGC que responde al promedio. A través de los estándares de estudio de grabación, se requiere este AGC para operar sobre un amplio rango dinámico, típicamente en el rango de 25 dB. Su función es compensar los errores del operador (en entornos de producción en vivo) y los niveles promedio variables (en entornos automatizados). Los niveles medios varían principalmente porque la tasa pico a medio de los propios CDs ha variado tanto desde alrededor de 1990 en adelante. Por lo tanto, la normalización de las grabaciones de disco duro (para utilizar todo el techo dinámico disponible) tiene el efecto lateral no deseable de provocar graves variaciones en los niveles medios. De hecho, las transferencias 1:1 (que también son comunes) exhibirán también esta variación, ¡qué puede ser tan grande como 15 dB![*]

El precio a pagar es simple: el AGC eliminará las dinámicas de periodo largo de su grabación. Virtualmente todos los directores de programa de las emisoras de radio quieren que sus emisoras se mantengan siempre altas, para eliminar el riesgo de que alguien sintonizando la radio en su emisora pase por alto completamente la emisora o crea que es débil y no puede ser recibida de manera satisfactoria. La gente de la radio a menudo denomina a este efecto "caerse del dial."

Los AGCs pueden bien ser de una única banda o multibandas. Si son multibanda, es raro utilizar más de dos bandas porque el AGC opera lentamente, así que "la intermodulación del espectro de ganancia" (como el bajo inflando el rango medio) no es un problema potencial tan grande como lo es para las etapas más tardías de compresión, que operan más rápidamente.

Los AGCs siempre incorporan una puerta de ruido en procesadores competentes. Esto significa que su ganancia esencialmente se congela si la entrada baja un umbral preestablecido, lo que evita aspirar el ruido a pesar de la gran cantidad de reducción de ganancia.

Realce Estéreo. No todos los procesadores implementan realce estéreo, y aquellos que lo hacen, lo implementan en algún lugar diferente que después del AGC. (En realidad, los realzadores estéreo independientes se colocan a menudo en la línea de programa, por delante del procesador de transmisión.)

El propósito común del realce estéreo es hacer que la señal sobresalga espectacularmente, cuando el oyente de la radio del coche pulsa el botón de sintonización. Es una técnica para hacer el sonido más grande y más dramático. Si se exagera, puede remezclar la grabación. Asumiendo que la reverberación estéreo, con considerable energía Izquierda-Derecha, fue usada en la mezcla original, el realce estéreo, por ejemplo, puede cambiar la cantidad de reverberación aplicada a un vocalista de canal central. ¿La moraleja? Al mezclar para multidifusión, peque de "seco", ya que los procesadores de algunas emisoras llevarán la reverberación más al primer plano.[3]

Ya que cada fabricante usa una técnica diferente para el realce estéreo, es imposible generalizar sobre ello. Las únicas restricciones universales son la necesidad de una compatibilidad mono estricta (ya que la radio FM es frecuentemente recibida en mono, incluso las radios "estéreo", debido a la circuiteria de mezcla mono que dispara la calidad de la señal), y el requerimiento de que la señal de la diferencia estéreo (Izquierda-Derecha) no sea realzada excesivamente. El realce excesivo siempre incrementa la distorsión

[*] No es de extrañar que los cambiadores de CD sean un aprieto. Véase Capítulo 15 [BK].

multitrayectoria (ya que la parte de la señal FM estéreo que trae la información Izquierda-Derecha es más vulnerable a la multitrayectoria). El realce excesivo también reducirá el volumen de la transmisión (debido a las propiedades de "entrelazado" de la forma de onda compuesta de la FM estéreo, que no explicaremos más).

Estas restricciones quieren decir que el realce estéreo estilo estudio de grabación es a menudo compatible con la emisión radiofónica FM, particularmente si incrementa los niveles medios Izquierda-Derecha de manera significativa. En los días del vinilo, existió una restricción similar debido a la necesidad de evitar que la cabeza de grabación se saliera de la superficie lacada, pero con los CDs, esta restricción ya no existe. Sin embargo, cualquier mezcla destinada a ser emitida en antena producirá la menor distorsión y el mayor volumen en el receptor si su tasa Izquierda-Derecha/Izquierda+Derecha es baja. Irónicamente, ¡el mono es el más alto y claro!

Ecualización. La ecualización puede ser tan simple como un incremento de los bajos de frecuencia fija, o tan complejo como un ecualizador paramétrico multietapa. LA ecualización tiene dos propósitos en un procesador de emisión radiofónica. El primero es establecer una firma para una emisora de radio dada, que crea la marca de la emisora a través de la creación de un "sonido de la casa". El segundo propósito es compensar el contorno de la frecuencia causado por el subsiguiente procesamiento de las dinámicas multibanda y la limitación de alta frecuencia. Esto puede crear una coloración global del espectro, que puede ser corregida o aumentada por una ecualización fija cuidadosamente elegida antes de las etapas dinámicas multibanda.

La Compresión y la Limitación Multibanda. Según el fabricante, esto puede ocurrir en una o dos etapas. Si ocurre en dos etapas, el compresor y el limitador multibanda pueden tener diferentes separadores de frecuencias e incluso diferentes números de bandas. Si ocurre en una etapa, las funciones del compresor y del limitador pueden "hablar" entre ellas, optimizando sus interacciones. Ambas aproximaciones de diseño pueden producir buen sonido y cada una tiene su propio conjunto de contrapartidas.

Normalmente, utilizándolo en algún sitio entre la banda cuatro y seis, el compresor/limitador multibanda reduce el rango dinámico e incrementa la densidad del audio para obtener un volumen competitivo e impacto de dial. Es común que cada banda incorpore una puerta de ruido en los niveles bajos para prevenir que el ruido suba rápidamente, y los fabricantes a menudo tienen algoritmos propietarios para hacer esto mientras minimizan los efectos audibles de la puerta de ruido.

Un procesador avanzado puede tener docenas de controles de configuración para ajustar simplemente el compresor/limitador multibanda. Los controles de manejo y de ganancia de salida para los diferentes compresores, los controles de tiempo de ataque y de liberación, los umbrales, y a veces las frecuencias del separador de frecuencias son ajustables, dependiendo del diseño del procesador. Cada uno de estos controles tiene su propio efecto en el sonido, y un operador necesita una amplia experiencia si él o ella va a ajustar un compresor de emisión radiofónica multibanda, para que suene bien en una amplia variedad de material de programa sin un reajuste constante. A diferencia de la masterización en la industria de la grabación, ¡en la emisión radiofónica no hay ningún ingeniero de masterización disponible para optimizar el procesamiento de cada nueva fuente!

El Pre-Énfasis y la Limitación de HF. La radio FM es pre-enfatizada a 50 microsegundos o 75 microse-

gundos, según el país en el que se da la transmisión. El Pre-énfasis es un incremento de las altas frecuencias de 6 dB/octava, lo que es 3 dB hacia arriba a 2,1 kHz (75 µs) ó 3,2 kHz (50 µs). Con un pre-énfasis de 75 µs, ¡15 kHz está por encima de 17 dB!

Según el fabricante del procesador, el pre-énfasis puede ser aplicado antes o después del compresor/limitador multibanda. Lo importante que tienen que entender los ingenieros de mezclas y de masterización es que poner mucha energía por encima de 5 kHz, crea problemas significativos para cualquier procesador multibanda, ya que el pre-énfasis incrementará sumamente esta energía. Para prevenir la pérdida de volumen, el procesador aplica limitación de alta frecuencia a las altas frecuencias incrementadas. La limitación de HF puede causar que el sonido resulte apagado, distorsionado, o ambos, en varias combinaciones. Una de las diferencias más importantes entre los procesadores rivales, es la efectividad de un procesador dado, a la hora de realizar limitación HF para minimizar los audibles efectos secundarios. En los procesadores más modernos, la limitación HF se realiza habitualmente, en parte a través de la reducción de ganancia HF y en parte a través del recorte de cancelación de la distorsión.

Recorte. En la mayoría de los procesadores, la etapa de recorte es el medio primario de la limitación de pico. Es crucial para el rendimiento del procesador de emisión radiofónica. Debido al pre-énfasis FM, un recorte sencillo no trabaja muy bien. Produce distorsión IM de diferencia de frecuencia, la cual el de-énfasis de la radio exagera después. (El de-énfasis es uniforme por debajo de 2-3 kHz, pero se desplaza a 6 dB/octava de allí en adelante, efectivamente exagerando la energía por debajo de 2-3 kHz). El resultado es particularmente desagradable en los platos y la sibilancia (las "eses" se convierten en "efes").

En los tardíos 70, uno de los autores de este artículo (R.O.) inventó el recorte de cancelación de la distorsión. Esto manipula el espectro de distorsión añadido por la acción del recortador. En FM, típicamente elimina la distorsión inducida del recorte, por debajo de 2 kHz (la parte uniforme de la respuesta de frecuencia del receptor). Esto añade típicamente alrededor de 1 dB al nivel de pico que emerge del recorte, pero, a cambio, permite que el recortador sea manejado de una manera mucho más dura de lo que de otra forma sería posible.

Con tal de que no introduzca distorsión molesta de manera audible, el recorte de cancelación de la distorsión es un medio muy efectivo de limitación de pico ya que afecta solamente a los picos que en realidad exceden el umbral de recorte y no el material circundante. Por consiguiente, el recorte no causa subidas y bajadas, lo que la reducción de ganancia puede hacer, particularmente cuando la reducción de ganancia opera sobre material pre-enfatizado. El recorte también causa una pérdida de HF mínima en comparación a la limitación de HF que utiliza la reducción de ganancia. Por estas razones, la mayoría de los procesadores multibanda FM utilizan la máxima cantidad de recorte práctico, que sea consistente con una distorsión audible aceptablemente baja.

Los sistemas de recorte del mundo real pueden complicarse mucho, debido al requerimiento de limitar la banda de la señal recortada estrictamente, a menos de 19 kHz, a pesar de los armónicos que el recorte añade a la señal. (La limitación de banda previene las frecuencias fantasma entre el canal estéreo principal y el subcanal, protege las subportadoras situadas por encima de 55 kHz en la banda base compuesta de la radio estéreo FM, y protege a la señal de sincronía estéreo a 19 kHz). Filtrar linealmente la señal de recorte para eliminar la energía por encima

de 15 kHz, provoca grandes sobre disparos (hasta 6 dB en el peor de los casos), debido a una combinación de truncamiento del espectro y dispersión del tiempo en el filtro. Incluso un filtro de paso bajo de fase lineal (práctico únicamente en realizaciones DSP) provoca un sobredisparo de hasta 2 dB. Por lo tanto, los procesadores más modernos utilizan unos complejos esquemas de compensación de sobredisparo para reducir los picos sin añadir de manera significativa un espectro fuera de banda.

Algunas cadenas también aplican recorte compuesto o limitación a la salida del codificador estéreo, que codifica los canales izquierdo y derecho en la señal multiplexada que dirige el transmisor. Es en realidad el nivel de pico de esta señal lo que regulan las autoridades que gobiernan la emisión de radio. El recorte o limitación compuesta ha sido durante mucho tiempo una técnica controvertida, pero la última generación de recortadores o limitadores compuestos han reducido mucho los problemas de interferencia característicos de la tecnología anterior.

Conclusiones

El procesamiento de la emisión radiofónica es complejo y sofisticado, y fue ajustado para las grabaciones producidas utilizando practicas típicas de la industria de la grabación durante casi toda su historia. En este contexto histórico, la hipercompresión es una anomalía de corto plazo y no coexiste bien con el procesamiento "competitivo" que utilizan la mayoría de las estaciones de radio de música pop. Por lo tanto, recomendamos que las compañías de discos proporcionen a los locutores mezclas de radio. Esto puede tener toda la ecualización, una baja compresión, y otros efectos que los productores e ingenieros de masterización utilizan artísticamente para lograr un "sonido" deseado. **Lo que estas mezclas de radio no deberían tener es un rápido recorte y limitación digital. Deje los sobres de periodo corto sin aplastar. Deje que el procesador de emisión radiofónica haga su trabajo. El resultado será simplemente tan alto en el aire como el material hipercomprimido, pero tendrá mucha más garra, claridad y vida.**

Una segunda recomendación para la industria de la grabación es emplear procesamiento de estudio o masterización, que proporcione el efecto de sonido deseado, pero sin la distorsión extrema no deseada del recorte. La alternativa al recorte de fuerza bruta es la limitación digital que mire hacia adelante, que ya está ampliamente disponible para la industria de la grabación de la mano de varios fabricantes (incluyendo las compañías de autores). Este procesamiento crea una distorsión de modulación más baja y evita el descarado aplanado de la parte superior de las formas de onda, así que es sustancialmente más compatible con el procesamiento de emisión radiofónica. Sin embargo, incluso la limitación digital puede tener un efecto perjudicial en la calidad del sonido, reduciendo la tasa pico a medio de la señal al punto de que el procesador de emisión radiofónica responde a ello de una manera antinatural, así que debería ser usado de manera conservadora. Por último, la única forma de decir como el procesamiento de una producción interactuará con un procesador de emisión radiofónica, es en realidad aplicar la señal procesada a un procesador de emisión radiofónica del mundo real y escuchar su salida, preferiblemente a través de una típica radio de consumo.

---

1 Estas pistas fueron ordenadas de acuerdo a su volumen, utilizando el medidor de Weiss PAZ. Sin embargo, la densidad aparente de la forma de onda implica que la muestra número 2 es más alta que la número 3. Ningún método de medición es perfecto.

2 Bob Ludwig (en correspondencia) menciona que la competición en la transmisión de radio ya estaba sucediendo en los últimos 60, señalando que WABC "la radio de color" añadía el plato EMT a todo para aumentar la densidad media.

3 BK: Por otra parte, el otro procesamiento de radio, especialmente la compresión, reduce el sentido de la profundidad, además, las áreas de recepción típicas tienden también a perder la separación, así que mejorar la imagen estéreo en la masterización puede no ser una cosa tan mala.

[Apéndice 2]

La Torre de Babel de los Formatos de Fichero de Audio

Plataformas, Extensiones y *Resource Forks*

Los ficheros Macintosh están divididos en dos partes, el *data fork* (que es la parte principal y que es transferible a PC), y el *resource fork*. La mayoría de los programas Macintosh buscan el tipo de fichero en el *resource fork*, único para los ordenadores Macintosh. El *resource fork* es la manera en la que Macintosh dice a programas quien creó un fichero, su tipo de archivo, e información adicional propietaria para el tipo de fichero concreto; es análogo a las tres letras de **extensión** en el PC (p.ej., .aif, .wav). Éstas fueron inventadas para permitir a los usuarios hacer doble clic en un fichero y abrirlo automáticamente con un programa, un adelanto sobre la línea de comando de DOS. No sé si la aproximación de Windows o de Mac es mejor, ya que ambos pueden causar serios dolores de cabeza cuando las cosas van mal. Los *resource forks* no pueden ser transmitidos sobre Internet (excepto con las utilidades de compresión especificas de Mac), y pueden solo ser transferidos entre plataformas de una forma limitada. De este modo mediante el Mac, si el *resource fork* está vacío (p.ej., si el fichero viene de un PC) o tiene un error dentro, entonces una simple variable de cuatro letras puede ser todo lo que está evitando que el audio se reproduzca. Programas más avanzados, tales como **Barbabatch** y **Soundhack** en el Mac, ignoran el *resource fork* y buscan la cabecera dentro del *data fork* del fichero, que contiene mucha más información, incluyendo el tipo de fichero, la longitud de palabra, y la tasa de muestreo. Si un programa Mac restringido a leer el *resource fork* no reconoce el tipo de fichero, pruebe utilizando un programa de escritura de fichero. Reemplace el valor incorrecto con las letras AIFF, WAV (algunas veces WAVE), o BWF. ¡Pero reduzca su ganancia de monitor antes de reproducir en el caso de que elija una errónea!

Al transferir ficheros entre plataformas, los tipos de fichero **WAV, AIFF** y **BWF** (descritos abajo) son los más universales, ya que no dependen del *resource forks* para nada más que en el tipo de fichero, y el tipo de fichero es también duplicado dentro de la Cabecera (en el *data fork*) si se ha perdido el *resource fork*. A menudo recibimos ficheros en CD con formato Macintosh o DVD-ROMs, y éstos pueden ser leídos en un PC utilizando un simple sistema adicional tal como **MacOpener.** MacOpener lee el *resource fork* en el CD-ROM y usa una tabla (configurable por el usuario) que automáticamente proporciona una extensión de fichero apropiada; puede decir que el proceso está funcionando ya que Windows proporcionará el icono para ese tipo de fichero. No conozco una forma de montar un disco duro de formato Mac en Windows y leer el *resource fork*. Sin embargo, es una bendición que el bus SCSI propietario de SADiE (a través de la ver. 4) puede **leer y escribir** a todos los formatos de audio comunes además de Mac (incluyendo el *resource fork*) y los discos duros de formato PC. En realidad, SADiE puede libremente entremezclar formatos de fichero y longitudes de palabra dentro de su EDL, también una

bendición. Sonic Solutions históricamente ha sido una plataforma cerrada, pero Sonic Solutions HD 1.7 puede leer AIFFs, y WAVs de 16 bit (no 24); el único formato que puede escribir es AIFF. Esto necesita el uso frecuente de una aplicación de conversión universal tal como **Barbabatch** en el Mac para intercambiar ficheros entre Sonic y el resto del mundo. Barbabatch también realiza una excelente tasa de muestreo y conversión de longitud de palabra además de un renombramiento por lotes y dividir regiones en ficheros si desea, y un tramado aceptable.

SADiE identifica el tipo de fichero por la extensión del fichero en discos de formato PC, y el *resource fork* en discos de formato Mac. Si un fichero de alguna manera llega a un PC sin extensión,* intente añadir la extensión, ¡pero disminuya la ganancia de su monitor antes de reproducirlo! Cuando tenga duda del tipo, intente añadiendo la extensión **.raw** o **.pcm** y diga a un programa que puede leer ficheros en bruto (tales como **Wavelab**) la presunta longitud de palabra y la tasa de muestreo e intente reproducir el fichero en bruto. A partir de ahí puede ser transferido vía AES/EBU dentro de SADiE, por ejemplo. Pero, otra vez, ¡tenga cuidado del ruido blanco de escala completa si su suposición es errónea! A la inversa, si añade una extensión a un fichero Mac mientras está en el Mac (o accidentalmente usa un carácter . en cualquier nombre de un fichero Mac), cuando por fin llega a SADiE podría terminar con una extensión extra en su nombre, o SADiE se confundirá con el tipo de fichero, o la lista PQ puede decir *Love Me Do.aif* en lugar de *Love Me Do.* La lección es no añadir extensiones a discos de formato Mac y dejar a las utilidades inteligentes hacer lo suyo.

Formatos de Fichero sin Pérdida

Hay cuatro formatos de fichero de audio populares actualmente en uso: **AIFF, WAVE, BWF** y **Sound Designer II** (SD2).

* En Windows, active la opción que le deje ver las extensiones.

AIFF

Formato de Fichero de Intercambio de Audio (*Audio Interchange File Format*) soporta resolución de bit estándar en múltiplos de 8, hasta 32 bits de punto fijo, aunque la mayoría de los AIFFs están entre 16-24 bits. Mientras la mayoría de los programas de PC profesional pueden leer y escribir AIFFs, este formato fue creado para su uso en ordenadores Macintosh. Un **mono** o AIFF **dividido** contiene un canal, en vez de AIFFs **entrelazados,** que pueden contener múltiples canales. Preferimos recibir ficheros entrelazados donde sea posible, ya que es más fácil agruparlos y evitar un deslizamiento de tiempo intercanal. Según se dice existe un tipo de fichero AIFF de punto flotante, pero en el momento de escribir esto, los programas de masterización de gama alta de intercambio de datos insisten en la **notación de punto fijo.** Las tasas de muestreo hasta 192 kHz y superior son soportadas. En el PC, la extensión estándar es **.aif.** Los datos son almacenados en *trozos,* y los fabricantes pueden escribir trozos propietarios. El orden de byte es **big-Endian (msb)** primero, que es el estándar de Motorola, frente al **little-Endian (lsb),** el estándar de Intel. Si un programa lee mal el final erróneo, el resultado será ruido blando casi de escala completa, un resultado no raro cuando se intercambian ficheros entre plataformas. Invertir los finales gasta una instrucción por ciclo, así que los fabricantes son a menudo un poco quisquillosos sobre que formato de fichero prefieren. No hay un suministro oficial para marca de tiempo excepto en un trozo de fabricante propietario.

Una variación de AIFF es llamada **AIFC** (abreviatura de AIFF-C), que emplea pérdida opcional de reducción de datos (codificación) y puede usar notación de punto flotante. No he visto soporte de AIFC en un programa de masterización de gama alta, pero he visto por casualidad el tipo de fichero AIFC aplicado a un AIFF simple por programas de Mac tal como el Quicktime.

WAVE

El formato de fichero **WAVE,** desarrollado por Microsoft, es probablemente el formato de audio más popular, usando una extensión estándar de **.wav.** Soporta una variedad de resoluciones de bit (ambas punto fijo y flotante), tasas de muestreo, y canales de audio. Como con AIFF, los fichero Wave pueden ser divididos o entrelazados. Hay soporte para marca de tiempo en uno de los formatos de codificación del estándar SMPTE, soportado por algunos programas PC y Mac, pero el BWF (vea abajo) es más fiable a este respecto. Recomiendo salvar ficheros como WAVEs de punto fijo (entero), ya que son los más compatibles entre plataformas. Comprensiblemente, muchos programas tienen dificultad con las diferentes variedades esotéricas de los WAVEs de punto flotante. El orden de byte es **little-Endian (lsb)** primero, muy apropiado para en procesadores basados en Intel.

Como en AIFF, los datos en WAVEs son almacenados en **trozos,** que pueden también ser específicos del fabricante. El formato ha crecido en una forma algo desorganizada, y ahora soporta muchos tipos de trozos diferentes y en ocasiones no estandarizados. ¡Pero los programas de gama alta parecen tener éxito ignorando los trozos que no tienen sentido para ellos! Los datos WAVE pueden opcionalmente ser **codificados** (reducción psicoacústica de la longitud de palabra, algunas veces confusamente denominado *compresión de datos*), aunque los ingenieros de materización esperan que todos los ficheros mandados para masterizar sean **PCM lineal** (es decir, *sin codificar, en alta resolución*).

BWF

El **formato de Señal de Multidifusión** (*Broadcast Wave format*) se basa en el formato de fichero WAVE de Microsoft y continua utilizando la extensión de nombre de archivo WAV. El EBU ha añadido un trozo de "extensión de señal de multidifusión" al formato de señal básico, que contiene la información mínima que es considerada necesaria para todas las aplicaciones de multidifusión, tales como identificadores de fuente únicos, estación de creación de datos, etc. El EBU ha legislado este formato para que sea un estándar de intercambio, así que la mayoría de programas de masterización de gama alta serán requeridos para soportarlo, y su incorporación de marca de tiempo será bienvenida. Los ficheros pueden ser codificados lineal o (con pérdida) vía MPEG-1 o -2 . En el momento de escribir esto, no hay previsiones para un multicanal lineal, así que los ficheros (mayor que dos) multicanal BWF deben ser codificados con pérdida. Por supuesto, puede mandar múltiples formatos BWFs de señal lineal mono o pares estéreo.

Sound Designer II

El formato SDII fue inventado por Digidesign para su uso en el Mac. Los ficheros SD II (o SD2) son minas terrestres en el PC, particularmente debido a su dependencia de *resource forks,* donde el tipo de fichero, la tasa de muestreo, la longitud de palabra y la información de marca de tiempo se mantienen. Los SD2 pueden bien ser mono de múltiple canal, o estéreo de doble canal entrelazado. Las tasas de muestreo hasta 48 kHz son oficialmente soportadas por Digidesign, aunque Mark of the Unicorn (MOTU) usa exclusivamente ficheros SDII, hasta 96 kHz, en el programa de Macintosh **Digital Performer 3.0.** Performer puede importar y exportar WAV y AIFF pero desgraciadamente no puede usar estos tipos de fichero dentro de un EDL. SD2 puede ser escrito y leído desde dentro de **Pro Tools,** pero solo hasta 48 kHz que yo sepa. SADiE 4.2 tiene un *bug* que no permite leer SD2s entrelazados, y como las cintas de copia de seguridad de formato de PC no puede almacenar *resource forks* de Mac, no hay forma de archivar una sesión de SD2 desde dentro de SADiE excepto saltando primero a un nuevo

formato. Así, rutinariamente, convierto todo los ficheros SD2 a AIFF o WAV usando **Barbabatch** en el Mac, y moviendo el disco removible sobre SADiE para la masterización. Según se dice, SD2 ha quedado oficialmente obsoleto por Digidesign, ¡pero su memoria sigue viva!

Limitaciones de Longitud

Un problema principal tanto con los formatos de fichero WAVE y AIFF es que los tamaños de los trozos (incluyendo el trozo general que describe el archivo completo) utilizan enteros de 32 bit, manteniendo el tamaño en bites. Para un cuadrángulo de fichero 24 bit a 96 kHz SR, la mayor duración posible es unos 3.728 segundos, así que usted obtiene solo un poco más de una hora. Siga con el 5.1 *surround* a 192 kHz, 24 bit, y el límite desciende a unos 20 minutos.* Lejos de inventar un nuevo formato de fichero que pueda soportar mayores longitudes de archivo, la solución es utilizar fichero separados si el formato entrelazado se muestra demasiado largo para la longitud y para estar correctamente especificado.

Los Formatos de Metafichero

Los formatos de metafichero están diseñados para intercambiar toda la información necesaria para reconstruir un proyecto. Desgraciadamente, algunos fabricantes se resisten a adoptar formatos de otros, así que este valioso esfuerzo no ha hecho suficiente progreso.

AES-31

El estándar de Intercambio de fichero **AES-31** fue desarrollado por el comité de estándares de AES SC-06-01 conjuntamente con varios fabricantes. La meta es intercambiar proyectos básicos, marcas de tiempo e información de fundido encadenado así como ficheros de audio. Ha habido algún éxito, pero en el momento de escribir esto el formato no es soportado por Digidesign.

OMF

El **Formato de Medio Abierto** (*Open Media Format*) fue producido por Digidesign para intercambiar Pro Tools Session y datos de audio con otras estaciones de trabajo. En el momento de escribir esto, está en estado primitivo. La última vez que intenté importar datos OMF dentro de un Digital Performer conseguí un error fatal.

Formatos de Fichero de Pérdida

MP3 y ATRAC (usado en el Minidisc) son formatos de fichero de pérdida, esto es, alguna información de audio ha sido sacrificada en el esfuerzo de ahorrar espacio e incrementar la velocidad de transmisión. Una vez que el sonido ha sido codificado en MP3, la calidad del sonido nunca podrá ser restaurada, ¡esto es por lo que es un *formato de pérdida!* Ya que esto se ha extendido y etiquetado de manera incorrecta *Calidad de* CD, ¡en ocasiones nos los encontramos como fuentes originales! Esto viola la regla de la calidad de la fuente. Cuando sea posible, pediremos que nos los reemplacen con fuentes de mayor calidad, de una anterior generación, o sino la calidad del sonido obviamente sufrirá, especialmente después del proceso de masterización.

---

* Richard Dobson, tal y como informaba en la lista de correo de *Surround Sound*.

[Apéndice 3]

La Preparación de Cintas y Archivos para la Masterización

Un tema principal de este libro ha sido la atención global del ingeniero de masterización a la creación de la secuencia, el espaciado (también conocida como ensamblaje), el ajuste de los niveles, la limpieza y el procesamiento. Cuanto mejor preparado este su cinta o archivo, mejor parecerá todo. Haga las mejores mezclas que pueda, después deje al ingeniero de masterización hacer el resto de la magia, lo que incluye "los comienzos, los finales, los fundidos de entrada y los fundidos de salida", ya que si algo es cortado o fundido prematuramente, se perderá. No sea tentado a hacer un fundido si hay un ruido, porque tenemos algunos trucos que pueden crear finales de sonido auténtico en canciones que todo el mundo pensaba que tenían que ser fundidas, tal y como se describe en el Capítulo 7. Puede también incluir "un ejemplo de fundido", que podemos utilizar si se prueba que es la mejor elección. Con libertad, el ingeniero de masterización puede producir un álbum de grabación sin costuras, fluido de las "partes sueltas" enviadas por el ingeniero de mezclas. Dejar las canciones sueltas permite también la mayor flexibilidad a la casa de masterización a la hora de cambiar el orden del álbum (si es necesario), o producir *segues* de la manera más artística.

En el último siglo, los formatos más comunes que recibimos para la masterización musical eran lineales, p. ej., cinta analógica y digital y CDR independiente (que es lineal para su escritura pero de acceso aleatorio a la hora de leerlo). Pero ahora los formatos más populares son por completo de acceso aleatorio (basado en archivos). Aquí va como hacer feliz a un ingeniero de masterización a la hora del envío de las mezclas finalizadas en el medio de su elección.

Comunicación

La masterización es un proceso de colaboración, incluso si no puede acudir a la sesión de masterización, el trabajo del ingeniero de masterización es darse cuenta de sus deseos y ¡si es posible ir más allá de sus sueños más salvajes! Haga una llamada al ingeniero de masterización para explicarle su música y lo que cree que necesita. Haga que el ingeniero de masterización se involucre al principio del proceso de mezclas, si trabaja cerca, lleve consigo una muestra para escucharla en los monitores de alta resolución y de amplio rango de masterización. Pregúntese a si mismo: ¿Suena como música? ¿Está vivo y respira? ¿Suenan los momentos culminantes de algún modo como los momentos culminantes? ¿Tienen los coros un poco más de energía que las estrofas (el caso habitual)? ¿Está el bombo correcto sobre la tasa de bajos o tiene dudas? ¿Es el sonido tan espacioso y profundo como le gustaría que fuera? ¿Ha comprobado el material en varios sistemas alternativos? Cuando llega el momento de la masterización, no dude en proporcionar o sugerir un CD de música similar que le atraiga, aunque abra su mente a la creatividad del ingeniero de masterización. Después de que la sesión de masterización finalice, puede escuchar un CD de referencia en su propio sistema de reproducción, y si desea, sugerir correcciones o mejoras.

Informes

Los informes que acompañan a las mezclas son muy importantes. El informe exhaustivo es esencial: evita que un proyecto se retrase ya que no tenemos que andar buscando el número de catálogo u otra información esencial en el día de la masterización. Algunos ingenieros olvidan que **un CD-ROM no tiene orden.** [1] Así que todos los informes deberían indicar el título completo de cada canción, el nombre de archivo abreviado correspondiente en el disco, y el orden en el que la canción va a aparecer en el medio final, además de sus comentarios sobre fundidos, ruidos o cualquier cosa que le preocupe. Por favor, vea el informe ejemplo en el Apéndice 4.

Las Pistas Derivadas, las Divisiones, y las Mezclas Alternativas (p.ej., Parte Vocal Arriba/Abajo). Por todos los medios proporcione mezclas alternativas o pistas derivadas sincronizadas si es posible. Véase Capítulo 13.

Medios Lineales (DAT, Cinta Analógica, CDRs Independientes)

No se moleste en reordenar las cintas DAT o CDRs copiándolos, porque el proceso de copia puede introducir más problemas que el tiempo ahorrado en la casa de masterización (si alguno). Deje las canciones desordenadas, deje las tomas de repuesto y las mezclas alternativas (que pueden probarse útiles), y marque todas las tomas *a cuidar.* No se preocupe de espaciar las canciones sobre medios lineales más que para dejar tiempo suficiente para dar la entrada y para utilizar cabeceras o IDs del programa para identificar los cortes.

Cuando mezcle a disco o cinta digital, nunca haga solamente una. Siempre grabe dos a la vez de manera digital (haga mezclas con idéntica información etiquetadas "A" y "B"), y quédese una por seguridad nunca envíe una copia única por correo. Grabe uno o dos minutos en el comienzo de la cinta con tonos de prueba o simplemente en blanco y comience la primera canción después de esto con el ID de programa #1. Los IDs de entrada no tienen que estar exactamente colocados, pero nos guían a la hora de cargar la canción adecuada. Recuerde que las cintas digitales necesitan tiempo para engancharse, comience a grabar sobre la cinta de mezclas, y por razones de seguridad espere 10 segundos completos antes de poner en marcha el multipistas (puede utilizar el tiempo de enganche para poner una claqueta verbal*). Cuando escribimos CDRs independientes, que se enganchan instantáneamente, una segunda pausa antes del compás acentuado debería ser suficiente, pero ¡deje aquellas respiraciones críticas y ruidos dentro (véase **manejadores,** más abajo)!

Procedimientos de Copia Cinta a Cinta. Siempre monitorizo la salida del grabador mientras copia. Si debe pausar un grabador basado en cinta durante el proceso de copiado, asegúrese de ponerlo en grabación al menos 10 segundos antes de que la canción comience para evitar fallos en la grabación. Esto significa que las cintas DAT grabadas de otras DAT no pueden nunca tener el corto espaciado que nos gusta en un álbum. Aprenda como se utiliza el tiempo absoluto en los DATs, y mantenga un continuo ABS a lo largo de las diferentes sesiones de mezclas utilizando el **final de búsqueda** antes de comenzar la siguiente sesión o después de cualquier reproducción.

Comprobación del Nivel

Tal y como se describe en el Capítulo 5, mezcle con niveles conservadores, lo que no es un problema con medios de 24 bits. Haga la mezcla con niveles bien por debajo de la zona superior y ¡sin OVERs! Recomiendo -3 dBFS como máximo. Roger Nichols recuerda a los ingenieros de mezclas que utilizan DAWs visitar cada

---

* Todavía apreciamos tener *claquetas* verbales cuando tratemos con medios no basados en archivos. Una *claqueta* es una identificación verbal del título o número de toma.

plug-in, reajuste el indicador de recorte y compruebe las mezclas. Si hay un recorte, entonces rehaga la mezcla para evitar el recorte interno, que puede provocar sonidos oclusivos y chasquidos que habitualmente no se escuchan hasta la masterización.[5]

Preservar la Integridad de la Información

En general, la primera copia, material sin procesar a la casa de masterización, evite copiar o hacer una segunda generación en un DAW. Si debe editar, mantenga todo a ganancia unidad si es posible (no normalice), incluso si el material tiene un pico bajo, tal y como se explica en el Capítulo 5. Lo mismo va para la tentación de ecualizar, comprimir, limitar o procesar de otra manera, unas mezclas después de haber sido hechas. Si debe hacerlo, por favor, envié ambas versiones a la casa de masterización, porque podemos ser capaces de mejorar el proceso con nuestras herramientas, o combinarlas con otros procesos y reducir la distorsión acumulativa.

Duración Máxima de un Programa de CD

Cada planta especifica una duración máxima aceptable, y algunos cobran más por CDs de más de unos 77 minutos. La cinta *Master* de CD final, lo que incluye canciones, espacios entre canciones, y el declive reverberante al final de las canciones, no debe exceder el límite, que en una fabrica famosa es 79:38. El ingeniero de masterización puede determinar el tiempo exacto después de que el master haya sido ensamblado. Las duraciones de los programas de DVD varían debido a la codificación de la información y debe ser determinada en el momento de la creación multimedia.

Etiquetando Cintas o Discos. ¿Cuál es el Master?

¡No olvide colocar un nombre y un numero de teléfono en el medio fuente en caso de que se separe de la documentación! **Un DAT no es un *master* de CD,** y tampoco lo es un CDR enviado para masterizar. Las fuentes para un álbum **NO** son el *master*, el álbum (la producción) ***MASTER*** es el final, con el PQ, ecualizado, editado, ensamblado, y la cinta o disco preparado que no necesita más trabajo de audio, y que está preparado para su replicación. [2] Por favor, etiquete los medios fuente: **Submaster** o **Cinta de Trabajo,** o **Mezclas,** o **Mezclas Finales,** o **Cinta de Sesión,** o **Mezclas-Editadas,** o **Mezclas-Recopiladas,** o **Mezclas Ecualizadas,** por nombrar varias posibilidades. Esto evitará confusión en el futuro a la hora de buscar a través de la biblioteca de cintas en busca del único *master* auténtico (de la producción).*

> *"Las cintas/archivos fuente de un álbum NO son el MASTER de Producción."*

La Preparación de la cinta analógica

Comience y acabe la bobina con algo de "parachoques", seguidos de una cabecera. Si es posible ponga cabeceras entre las canciones (excepto para los conciertos en vivo y las grabaciones editadas con tono de estancia). La cinta debería ser enrollada lentamente, "de cola". Etiquete cada bobina como se recomienda en el Apéndice 5. Indique la velocidad de la cinta, el nivel de la grabación para o VU en nW/M, la ecualización grabada (NAB o IEC), la configuración de las pistas, si es mono, estéreo o multicanal. Incique si se utilizó la reducción de ruido e incluya el tono de alineamiento de la reducción de ruido. Incluya tonos de alineamiento de 30 segundos cada (o más largos), mínimo a 1 kHz, 10 kHz, 15 kHz, y 100 Hz además de (altamente recomendado) 45 Hz y 5 kHz a o VU sin reducción de ruido. También es altamente recomendado un tono de barrido (glisando) de 20 Hz a través de 500 Hz. No hace falta decir, que los tonos deben ser grabados por el mismo grabador de cinta que

---

* NARAS ha producido las Recomendaciones del Envío de *Masters* de Grabación. Las personas serias encargadas de efectuar las grabaciones deberían estudiar *http://grammy.aol.com/recommendations.pdf*

grabó la música, e idealmente, grabados a través de la misma consola y cables que fueron utilizados para hacer las mezclas. Muchos ingenieros de masterización prefieren tener los tonos al final de un bobina o en una bobina separada.

Muchas cintas analógicas históricas no incluyen tonos adecuados y en ocasiones no es posible incluir tonos en los nuevos *masters*. Si no fue posible poner tonos en la sesión, entonces utilizaremos métodos sofisticados para garantizar el acimut y la exactitud de la ecualización.

Dar Manejadores

Para los conciertos en vivo y muchas otras formas de música, es útil incluir *manejadores*, que es *metraje en bruto* en cada cara de la música deseada. Esto puede incluir tomas de repuesto, aplausos sin fundir, respiraciones, toses, ruidos, diálogos entre pistas, etc. También incluye sus notas de producción y deseos, como "por favor, deja esta fea risa entre la canción 2 y 3, creo que es divertido". Los manejadores se necesitan de manera especial cuando a una pista se le tiene que reducir el ruido, ya que la muestra de ruido que necesitamos puede a veces ser únicamente encontrada justo antes del compás acentuado.

¿Qué Tasa de Muestreo?

Hasta alrededor de 2000, recomendaba que los ingenieros de mezclas intentaran trabajar a 44,1 kHz si era posible, considerando el estado pésimo de los convertidores de tasa de muestreo. Esto ya no es el mejor consejo, mis actuales recomendaciones para los mezcladores es que trabajen a la tasa de muestreo práctica más alta y a la longitud de palabra más larga disponible. Sin embargo, si está mezclando de manera digital, **no convierta la tasa de muestreo,** pero permanezca a la misma tasa de muestreo del multipistas. Si está mezclando con una consola analógica, existe una ventaja marginal en la utilización de una tasa de muestreo mayor en el grabador de mezclas que en el multipistas. Por ejemplo, incluso si mezcla en analógico con un multipistas a 48 kHz, obtendrá mejores resultados con un grabador de mezclas a 96 kHz.

"La Preparación de CD-ROM es un nido de minas terrestres esperando a explotar."

Medios de Acceso Aleatorio: La Preparación de los Archivos

La preparación de CD-ROM requiere atención al detalle. Es un nido de minas terrestres en el que navegar, que no debería ser tomado de manera ligera, y la experiencia es el mejor maestro. Un CD-ROM mal preparado puede hacer perder un montón de tiempo en la casa de masterización. Asegúrese de que la casa de masterización aceptará los tipos de archivo que quiere enviar. Le recomiendo que trate de rodear la ley de Murphy grabando un disco de prueba y enviando algunos archivos antes de tiempo que podamos comprobar. Aquí van algunas cosas críticas que hacer:

- **Deje sonido en blanco al comienzo del archivo,** en otras palabras, comience la primera música al menos 1 segundo dentro del archivo, **no en el tiempo cero.** (Esto es para evitar fallos técnicos que ocurren a menudo al comienzo del archivo).

- Para estéreo y multicanal, se prefieren los **archivos Entrelazados,** AIFF, BWF, o WAV. SDII es también aceptable (véase Apéndice 2). Pregunte para evitar un costoso tiempo de conversión. **¡No MP3, por favor!** Comience y empiece con archivos de sonido de alta resolución, de formato lineal.

- Intente hacer un proyecto único a **una tasa de muestreo.** Supone un considerable tiempo extra de trabajo tener que manejar múltiples tasas de muestreo

en un proyecto y a menudo supone un compromiso, ya que debemos convertir la tasa de algunos archivos para obtener una tasa común para el proyecto. Pero si por alguna razón su proyecto incluye diferentes tasas, marque (en el informe) cuidadosamente la tasa de los archivos para nuestra información.

• De a cada archivo un nombre significativo relacionado con el título de la canción, como **Love Me Do,** no algún número de serie sin significado.

• Escoja un CDR en blanco de alta calidad y de marca conocida. Según mi experiencia, Taiyo Yuden, el más antiguo fabricante de CDR, continua haciendo los CDRs más compatibles y fiables.

• Para la más baja tasa de error, obtenga discos vírgenes de 74 minutos de un proveedor profesional. Evite los propensos a errores de los 80, que se eliminan ¡yendo a Costco una noche de viernes para buscar discos vírgenes!

• Para la tasa de errores más baja, grabe a una velocidad de 2x a 4x, no más rápido.

• Escriba un disco **Fijo,** es decir, una **sesión cerrada.** Para verificar que el disco ha sido fijado, métalo en un lector de CD de PC o Mac (no un grabador) y asegúrese de que puede leer los nombres de archivo.

• **¡NO UTILICE ETIQUETAS DE PAPEL!** Las etiquetas de papel adhesivo pueden parecer impresionantes, pero en mi experiencia parece que aumentan los errores, quizás alterando la velocidad de rotación del disco y son especialmente problemáticas a altas velocidades de giro del disco, en multicanal, en altas tasas de muestreo y longitudes de palabra. ¡En las etiquetas de papel pueden también despegarse en parte o completamente y romperse en el lector de CD, lo que no es una bonita vista! También, no etiquete el disco con un bolígrafo de punta de bola sino con un marcador suave, en la parte protegida (revestida) de la superficie superior. [3] Mientras yo personalmente creo que el revestimiento en los CDRs profesionalmente revestidos es una protección suficiente de los arañazos y los disolventes orgánicos (como los de un rotulador aromático de la marca Sharpie), los ingenieros de masterización más conservadores recomiendan la utilización de marcadores basados en agua para el etiquetado. Quizás alguien hará un estudio a largo plazo para medir los errores en los CDRs con una superficie revestida y marcada.

• Escriba en **archivos de punto fijo de 24 bit** (también conocidos como *Formato Entero*). Es improbable que la casa de masterización pueda leer algún otro formato, p.ej., **no utilice** 32 bit de punto flotante para los archivos. Esta situación puede mejorar en los próximos años y estamos empezando a tener éxito leyendo formato Samplitude, uno de los diferentes formatos de archivo incompatibles de 32 bit de punto flotante.

• Use any standard sample rate up to 96 kHz. Verify the mastering house can use files with a higher rate before cutting.

• Utilice cualquier tasa de muestreo estándar hasta 46 kHz. Verifique que la casa de masterización puede utilizar archivos con una tasa más alta antes de grabar. Los **nombres de archivo** no deberían incluir guiones (-), utilice en vez de ello un subrayado. No utilice el carácter / o \. Para una mejor compatibilidad multiplataforma aléjese de los espacios y utilice solo alfanuméricos y subrayados. [4] SADiE v.4.2 tiene una fuerte aversión a las marcas de acentuación y los caracteres no ingleses, lo que hace que no genere formas de onda, que archive y otras tareas básicas, algo que esperamos que cambie. Los Macs son mucho más permisivos con esto que los PCs.

• **Nos encanta recibir archivos que incluyen el número de pista deseado en su nombre.** Un truco para nombrar archivos es incluir el número de pista deseado al

comienzo (utilizando dos dígitos), lo que hace mucho más fácil ensamblarlos en el orden deseado. Por ejemplo: **01 I Need Somebody, 09 I Got Rhythm, 10 She's So Fine.**

• **Evite periodos (puntos) en los nombres de los ficheros Mac en los discos Mac** porque pueden ser transferidos a PC y ser confundidos con extensiones; utilice uno y solamente un punto en los discos de PC delante de la extensión de 3 letras.

• Verifique que la casa de masterización puede leer DVD-ROMs antes de escoger este medio.

Dividir Archivos

Los archivos entrelazados están menos sujetos a accidentes ya que se garantiza que todos los canales comienzan en el mismo punto. Para multicanal, incluya una nota que indica el orden de canales utilizado, p.ej., L, R, C, LFE, SL, SR o L, R, SL, SR, C, LFE. Si debe enviar archivos divididos, utilice una nomenclatura estándar para distinguir los canales, p.ej., **Do It_L, Do It_R, Do It_SL, Do It_SR, Do It_C, Do It_LFE.** La abreviaturas de letras son preferibles a los números ambiguos de canal.

Cuando le Devuelvan el ***Master***

Si se le envía de vuelta el CD *master* en vez de directamente a la fabrica de CDs, **no lo manipule o reproduzca.** ¡Reproduzca el CD de referencia, no el *master*![5]

---

[1] No hay un orden de pistas en un medio no lineal, basado en ficheros. A menudo los clientes me piden, "pon el *master* en el orden en el que está en el CD-ROM", pero olvidan que el único **orden en** el CD-ROM es el directorio alfabético de archivos.

[2] Andre Subotin en el *Mastering Webboard* nos recuerda que puede haber varios *Masters* auténticos, cada cual debemos etiquetar claramente, p.ej., **Producción *Master* para Casete, Master para países extranjeros, etc.**

[3] Gracias a Clete Baker y Mike McMillan del *Mastering Webboard* por las clarificaciones de estos puntos.

[4] Gracias a Clete Baker del *Mastering Webboard* por recordarme esto tan esencial.

[5] Gracias a Roger Nichols que me avisó que pusiera estas recomendaciones en el Apéndice.

[Apéndice 4]

Informes y Etiquetas para Cintas, Discos y Cajas

Etiquetando Esas Cintas

No me atrevo a poner un DAT o un CDR sin etiquetar sobre mi mesa de masterización, puesto que ¡inmediatamente se perderá entre la multitud! Por favor coloque como mínimo la siguiente información en cada una de las fuentes, por si acaso se separa de la caja:

- Intérprete
- Título del Álbum [o título de trabajo]
- Nombre de Contacto, número de teléfono
- Número de cinta o rollo
- Fecha [importante para ayudar a apartar correcciones]

Etiquetando Esas Cajas

La etiqueta de la caja contiene mucha más información de la que se escribe en el rollo o en el mismo disco.

Cajas de Cintas Analógicas: Un ejemplo de etiqueta

Algunos estudios han preimpreso etiquetas con casillas de verificación para cada opción.

Cinta mezclada, Sin editar, comienzo de canción en blanco [u otro calificativo]

Intérprete: _____

Título del Álbum: _____

Etiqueta del Disco: _____

Número de rollo: _____ de _____

Número de Catálogo: _____

Estudio, Dirección, # Teléfono de contacto : _____

Ingeniero: _____

Ayudante: _____

Productor: _____

Fecha: _____

Formato, Ecualización, Velocidad, Nivel: ***[p.ej., 1/2" 2 pistas AES estéreo, sin reducción de ruido, 30 IPS, 0 VU = 320 nW/M, ó 0 VU = 250 nW/M + 2 dB]***

Tonos de prueba @ Comienzo _____@ Final _____

consistentes en_____

Hz a 0 VU

Nombre de la Canción o pista

Duración

Comentarios ***[p.ej., "subir las voces" o "necesita de un fundido de salida" o "cuenteo suelto al principio"]***

Nombre de la siguiente canción, etc.

Además los comentarios pueden ser escritos en una carta que acompaña a todos los medios.

Discos: Etiqueta de Ejemplo

No hay suficiente sitio en la superficie de un CDR o de un DVD-R para escribir todo lo que queremos saber. Algunos estudios han proyectado discos con casillas de verificación. Como mínimo, la propia superficie superior del disco debería incluir:

Mezclas, Sin editar ***[o submaster u otro calificativo]***

Intérprete: _____

Título del álbum: _____

Etiqueta del Disco: _____

Formato del Disco y del Fichero: ***[p.ej., ISO-9660 o HFS, o Masterlink, Ficheros AIFF Estéreo, 48 kHz/24 Bit]***

#Disco _____ de _____ Fecha: _____

[la fecha es muy importante]

Además, si es posible:

Nombre de contacto y # de teléfono: _____

Número de Catálogo: _____

Como no hay suficiente sitio para listar toda la información en el mismo disco, asegúrese de incluir la información restante en la caja, caja porta CDs, y/o en el informe impreso (representado en la página contraria) que acompaña al medio. Si es posible, el informe puede ser duplicado en un fichero READ_ME.doc que resida en el disco, así, nunca se perderá.

Discos, PortaCDs o cubierta de papel

En lugar de emplear hasta varios porta CDs, algunos estudios, de manera inteligente, colocan los CDRs dentro de una impresión plastificada y plegada del directorio del disco, que abarca los nombres de todas las canciones del disco. Cuando lo vaya a enviar, ponga estos discos con cubierta de papel en una caja dura revestida de espuma para prevenir rasguños o roturas. Tal y como se describió en el Apéndice 3, los nombres de título pueden también incluir su orden de secuencia final, si éste se conoce en el momento de crear el disco.

Informe impreso/carta

Acompañe los discos o las cintas con un informe impreso/carta para el ingeniero de masterización. Esto es donde puede también incluir todos tus comentarios y pensamientos sobre la masterización final. Puede poner esto en forma de carta, lo que incluye su historia y sensaciones sobre el álbum y su sonido. Algunos comentarios (¡especialmente la necesidad de un fundido!) pueden ser superfluos, pero ponga cualquier cosa que le preocupe.

No olvide incluir:

Intérprete: _____

Título del álbum: _____

Etiqueta del disco: _____

Disco, Formato de archivo, Tasa de Muestreo, Longitud de palabra: ***[p.ej., ISO-9660 o HFS, o Masterlink, Ficheros AIFF Estéreo, 48 kHz/24 Bit]***

Nombre de contacto y # Teléfono : _____

Dirección de Contacto: _____

Número de Catálogo: _____

Título/Nombre Archivo	Orden de la pista del CD	Duración (aprox.)	Tiempo ABS/DAT o ID del programa del CD (no relevante si es un disco de ficheros)	ISRC	Comentarios *[p.ej., por ingeniero, productor o intérprete]*
I Wanna Make You Happy/ 05_makehappy.wav	5	4:02		ES6080132805	Esta canción necesita un fundido encadenado. Intentar empezar alrededor de 3:45 y colocar el final a 4:00 del compás ¡para no oír las risitas! Por favor, incluye al principio los golpes de baqueta.
Love Me Do/ 02_lovemedo.wav	2	2:55		ES6080132802	Este es un claro tributo a los Beatles. ¡Cuanto más al estilo Beatle pueda hacer la masterización, más feliz me hará!
Why Me?/ 04_yme.wav	4	5:02		ES6080132804	Esta es la única balada en el álbum. La intérprete no es feliz con su entonación que introduce el último estribillo. ¿Hay algo que pueda hacer sobre esto?

[Apéndice 5]

Decibelios

El Marcado de Cintas Analógicas

Una vez recibí una cinta de 1/4 de pulgada por correo marcada como "el nivel es +4 dBm". Pero dBm y dBu no viajan de casa en casa. dBu es una medida de voltaje expresada en decibelios y no existe voltaje en una cinta analógica, solo flujo magnético en nanowebers por metro. La cinta de 1/4 de pulgada no sabe si fue hecha con un nivel semiprofesional de 0 VU = -10 dBU o un nivel profesional de +4. En vez de ello, solamente indica el nivel de flujo magnético que se utilizó para coordinarse con 0 VU. Por ejemplo, etiquételo como 0 VU = 400 nW/M a 1 kHz. 400 nW/M es 6 dB por encima de 200 nW/M, y los ingenieros a menudo abrevian esto en la caja de la cinta como +6 dB/200, como puede ver en este útil gráfico.

Gráfico 1:
Fluidez de Cintas en dB y nanowebers por metro (nW/M)

Nivel dB	Referencia 185	Referencia 200	Referencia 250	Referencia 320	Referencia 400
9	521	564	705	902	1127
8	465	502	628	804	1005
7	414	448	560	716	895
6	370	400	500	640	800
5	329	356	445	569	711
4	293	317	396	507	634
3	261	283	353	452	565
2	233	252	315	403	504
1	208	224	281	359	449
0	185	200	250	320	400

Encuentre los reales nanowebers por metro de flujo para un flujo de referencia dado. Por ejemplo, una cinta que es 4 dB más cálida que 250 nW sería 396, o redondeando hacia arriba, alrededor de 400. Esta es la misma fluidez de la de una cinta que es 6 dB más cálida que 200.

Gráfico #2:
dbu (referencia 0.775 voltios) convertido a voltaje

dBu	Voltios
40	77.500
35	43.581
24	12.283
20	7.750
18	6.156
16	4.890
14	3.884
12	3.085
8	1.947
6	1.546
4	1.228
3	1.095
2	0.976
1	0.870
0	0.775
-10	0.245
-20	0.078
-60	0.001

[Apéndice 6]

Conversiones de Q a Ancho de Banda (A/B)

A/B	Q
0.02	72.13
0.03	48.09
0.04	36.07
0.05	28.85
0.06	24.04
0.07	20.61
0.08	18.03
0.09	16.03
0.10	14.42
0.20	7.21
0.30	4.80
0.40	3.60
0.50	2.87
0.60	2.39
0.70	2.04
0.80	1.78
0.90	1.58
1.00	1.41
1.20	1.17
1.40	0.99
1.60	0.86
1.80	0.75
1.90	0.71
2.00	0.67
2.20	0.60
2.40	0.54
2.60	0.49
2.80	0.44
3.00	0.40

Q	A/B
0.50	2.54
0.55	2.35
0.60	2.19
0.65	2.04
0.70	2.00
0.75	1.80
0.80	1.70
0.85	1.61
0.90	1.53
0.95	1.46
1.00	1.39
1.10	1.27
1.20	1.17
1.30	1.08
1.40	1.01
1.50	0.94
1.60	0.89
1.70	0.84
1.80	0.79
1.90	0.75
2.00	0.71
3.00	0.48
4.00	0.36
5.00	0.29
6.00	0.24
8.00	0.18
10.00	0.14
20.00	0.07
30.00	0.05

Utilice este gráfico para un ecualizador cuyos controles señalen en ancho de banda pero cuando desee pensar en Q, o viceversa. El ancho de banda se encuentra expresado en octavas, desde el punto de -3 dB. La fórmula para convertir ancho de banda a Q es Q = Raíz Cuadrada (2**AB) / (2** [AB-1]).

[Apéndice 7]

Siento la Necesidad de Velocidad

Medio	Velocidad MB/hora	Velocidad MB/min	Velocidad MB/seg	Velocidad Mb/seg	Horas de funcionamiento de un CD	Minutos de funcionamiento de un CD	Segundos de funcionamiento o copia de un CD	Hechos
Reproductor de CD	635.04	10.584	0.1764	1.4112	1.00	60.0	3600.0	Número total de bytes del CD por hora - 635.040.000. Aproximadamente los mismos que en una conexión T1
DSL 384 kbps	173	2.88	0.048	0.384	3.68	220.5	13230.0	Asumiendo que Internet funciona en su máxima eficiencia
10 Base T	4,500	75	1.25	10	0.14	8.5	508.0	Velocidad del CD. Bytes por minuto - 10.584.000
100 Base T	45,000	750	12.5	100	0.01	0.8	50.8	MB totales del CD - 635,04
1000Base T (Gigabit Ethernet)	450,000	7500	125	1000	0.0014	0.1	5.1	Esto sería teóricamente punto a punto sin colisiones. El kilometraje de Ethernet será mucho más lento en una red saturada. Use un Switch Ethernet en lugar de un Router para maximizar la velocidad y minimizar las colisiones.
USB 1.0 lenta	675	11.25	0.1875	1.5	0.94	56.4	3386.9	
USB 1.0 rápida	5,400	90	1.5	12	0.12	7.1	423.4	
USB 2.0	216,000	3600	60	480	0.0029	0.2	10.6	
Firewire	180,000	3000	50	400	0.0035	0.2	12.7	Esta es la velocidad máxima de la interfaz. Las unidades individuales son mucho más lentas
Seagate 18 GB Ultra SCSI 160	108,000	1800	30	240	0.01	0.4	21.2	Típica tasa de transferencia interna de una moderna unidad LVD
Ultra ATA/66 10000 RPM	147,600	2460	41	328	0.0043	0.3	15.5	
Ultra 2 SCI 160 MB/s LVD	576,000	9600	160	1280	0.0011	0.1	4.0	Esta es la interfaz, las unidades individuales mucho más lentas. Un RAID puede alcanzar esta velocidad

Abreviaturas: MB = Megabytes, Mb = Megabits (8 bits/byte)
Mega se define como 1 millón, Kilo es mil. Algunas de estas cifras cambiarían ligeramente si kilo se define como 1024.

Todos los tiempos normalizados a la capacidad de un audio CD estéreo de una hora de duración.

[Apéndice 8]

Siento la Necesidad de Capacidad

Antes de 1990, realizaba los *masters* de CD con edición lineal, utilizando los sistemas de edición Sony de 3/4 de pulgada. En 1990 configure mi primera estación de trabajo de masterización no lineal, comprando los discos duros con la mayor capacidad disponible, un par de discos duros SCSI de 600 MB, que tenían un precio de venta al público de 1.500$, o 1,25$ por MB. Afortunadamente, a medida que nuestras necesidades han aumentado a lo largo de 10 años, la capacidad se ha incrementado de modo geométrico y el coste ha disminuido. Por lo que no está fuera de lugar imaginar que la capacidad típica de almacenamiento se multiplicará por 10 en 10 años.

Año	Tipo de Almacenamiento	MB de Capacidad	GB de Capacidad	Coste total en Dólares Americanos	Coste por MB	Coste por GB	Número de Discos Compactos de 1 Hr	Número de Surround Masters a 44,1 kHz de 1 Hr, 6-Ch., 24-bit	Número de Surround Masters a 96 kHz de 1 Hr, 6-Ch., 24-bit	Número de Multitracks a 96 kHz de 1 Hr, 6-Ch., 24-bit	Hechos
1980	Datos Generales	297	0.297	35,000$	118 $	118,000$	0.5	N/A	N/A	N/A	Tamaño: ¡2 piest x 3 pies x 3-1/2 pies de altura!
1990	Disco Duro SCSI	600	0.60	750$	1.25$	1,250$	0.94	0.2	0.1	0.012	Una hora de CD 635,040,000 bytes
2002	Disco Duro IDE	80,000	80	137$	0.0017$	1.71$	125.98	28.0	12.9	1.608	Precio de calle
2010	¿Raid? ¿Óptico?	800,000	800	16$	0.0000$	0.02$	1259.76	279.9	128.6	16.075	Coste proyectado como el de archivebuilders.com

Abreviaturas: MB = Megabytes, GB Gigabytes (1000 MB)

[Apéndice 9]

Notas al Píe sobre el K-System

Las Balísticas Reales del Vúmetro

Las balísticas reales del vúmetro fueron analizadas tan pronto como 1940. Según **Un Nuevo Estándar de Indicador de Volumen y Nivel de Referencia,** Actas de la I.R.E., Enero 1940, el vúmetro mecánico utilizaba un

> Un rectificador de óxido de cobre de onda completa que, combinado con un aislante eléctrico, tiene una respuesta promediada definida según la fórmula $i = k^* e^p$ equivalente al rendimiento real del instrumento en las desviaciones normales. (En la ecuación i es la corriente instantánea en la bobina del instrumento y e es el potencial instantáneo aplicado al indicador de volumen)... se ha encontrado que varios de los nuevos indicadores de volumen tenían exponentes de unos 1,2. Por lo tanto, sus características son intermedias entre una característica lineal (p = 1) y una característica cuadrática o de raíz cuadrada (p = 2).

Historia y Desarrollo del Estándar SMPTE, desde los Errores al Conocimiento

El *estándar de salas,* **Prácticas Recomendadas Propuestas por el SMPTE: Niveles de Presión de Sonidos Relativos o Absolutos para Sistemas de Sonido de Cine Multicanal,** el Documento SMPTE RP 200, define el método de calibración en detalle. En los 70, el valor había sido indicado como 85 a 0 VU, pero a medida que los métodos de medición se hacían más sofisticados, se probó que este valor era erróneo. Se ha probado ahora que es *85 a -18 dBFS RMS* con 0 VU que se mantiene a -20 dBFS (onda sinusoidal). La historia de esta metamorfosis es interesante. Un vúmetro se utilizaba originalmente para hacer la calibración, y con la llegada del audio digital, el vúmetro fue calibrado con una onda sinusoidal de hasta -20 dBFS. Sin embargo, se olvidó que un vúmetro no hace el promedio a través del método RMS, lo que dio lugar a un error entre el valor eléctrico RMS del ruido rosa y el nivel de la onda sinusoidal. Mientras 1 dB es la diferencia teórica, en la práctica he visto tanto como una discrepancia de 2 dB entre ciertos vúmetros y el auténtico nivel RMS del ruido rosa.

El otro problema es el ancho de banda de la medición un voltímetro de amplio ancho de banda mostrará una atenuación de la señal fuente de ruido rosa en un cable analógico de larga distancia debido a pérdidas de capacitancia. La solución es definir un ancho de banda especifico de medición (20 kHz). En el momento que todos estos errores fueron detectados, se

descubrió que la calibración histórica tenía un error de unos 2 dB. Utilizando ruido rosa a un nivel RMS de -20 dBFS RMS debería dar lugar correctamente a un nivel SPL de tan solo 83 dB. Con el fin de mantener el número mágico **85**, el SMPTE decidió aumentar el nivel especificado del ruido rosa de calibración a -18 dBFS RMS, pero el resultado es una ganancia de monitor idéntica. Se mide un canal a la vez, en medidor SPL se ajusta a una curva de Ponderación C, lenta, y tal y como explicamos en el Capítulo 14, puede obtenerse una medición más exacta a través de un análisis de 1/3 de octava. El K-System es consistente con el RP 200 solo en el K-20. Siento que será más sencillo a largo plazo calibrar 83 dB SPL en el medidor de 0 dB del K-System, más que confundir a los futuros usuarios con un punto de calibración de +2 dB no estándar.

Es crítico que los miles de estudios con sistemas heredados que incorporan vúmetros, ajusten la relación eléctrica del vúmetro y el nivel digital a través de un tono de prueba sinusoidal, después ignorar el vúmetro y alinear el SPL con una fuente de ruido rosa digital calibrada con RMS. *

Las Especificaciones Detalladas de los Medidores del K-System

General: Todos los medidores cuentan con tres escalas conmutables: K-20 con 20 dB de techo dinámico sobre 0 dB, K-14 con 14 dB, y K-12 con 12 dB. La versión K/RMS del medidor (repuesta uniforme) es el único medidor requerido para permitir mediciones de ruido RMS, calibración del sistema, y medición del programa con un medidor de promedio que se parece mucho a un vúmetro *lento*. Las otras versiones del K-System miden el volumen a través de diferentes métodos psioacústicos conocidos (p.ej., LEQ y Zwicker).

Las escalas y la respuesta de frecuencia: Una escala tricolor en verde por debajo de 0 dB, ámbar hasta +4 dB, y rojo por encima de la parte superior de la escala. La sección de pico de los medidores tiene una respuesta de frecuencia uniforme, mientras que la sección de promedio varía según que versión esté cargada. Por ejemplo: Sin tener en cuenta la tasa de muestreo la versión K-20/RMS del medidor tiene limitación de banda por SMPTE RP 200, con una respuesta de frecuencia uniforme desde 20-20 kHz +/- 0,1 dB, la sección de promedio utiliza un detector RMS, y 0 dB es 20 dB por debajo de la escala completa. Para mantener la compatibilidad de la calibración del ruido rosa con la propuesta RP 200 del SMPTE, la pasa banda del medidor será 22 kHz como máximo a pesar de la tasa de muestreo.

Otros métodos de determinación del volumen son opcionales. La sección media sugerida del Medidor K-20/LEQA tiene una frecuencia de respuesta no uniforme (Ponderación A), y un tiempo de respuesta con un tiempo medio igualmente compensado de 3 segundos. Como el volumen es por lo general una sensación global, puede darse razones a favor de un medidor de volumen monofónico. Los expertos psicoacústicos que diseñen un auténtico medidor de volumen K-System deben resolver esa discrepancia, permitiendo a los ingenieros de producción mantener los medidores deseables de los canales individuales. Calcularán la proporción del volumen total en cada canal. La sección promedio del medidor K-20/Zwicker se corresponde con las recomendaciones de Zwicker de medición del volumen. Sin tener en cuenta la respuesta de frecuencia o la metodología del método de volumen, la referencia 0 dB de todos los medidores está calibrada para que el ruido rosa de 20-20 kHz a 0 dB de una lectura de 83 dB SPL en cada canal, con Ponderación C, lenta. Los psicoacústicos que diseñan algoritmos de reducción del volumen, reconocen que las dos mediciones, SPL y el volumen *no* son intercambiables y

* Gracias a Tomlinson Holman (en correspondencia) por explicar la fuente histórica de los errores de medición, y como **85** se convirtió en **83** después de una larga batalla.

dar los pasos adecuados para calibrar los 0 dB del medidor de volumen del K-System, para que se iguale con el medidor estándar SPL a ese punto crítico con la señal de ruido rosa estándar.

Las graduaciones de la escala: La escala es de decibelios lineales desde la parte superior de la escala hasta al menos -24 dB que marca incrementos de 1 dB excepto los 2 dB de la parte superior, que tienen marcas adicionales a intervalos de 1/2 dB. Por debajo de -24 dB, la escala es no lineal para acomodar las requeridas marcas a -30, -40, -50, -60. Marcas opcionales adicionales a lo largo y más allá de -70. Tanto el pico como las secciones de promedio son calibradas con onda sinusoidal para manejarse en la misma escala numérica. Opcional (recomendado): Un modo de escala expandido a 10x, 0,1 dB por etapa por paso, para la calibración con tono de prueba.

La sección de pico del medidor: La sección de pico representa el autentico, nivel de pico uniforme (una muestra), sin tener en cuenta que medidor de promedio se utiliza. Un puntero adicional sobre el pico que se mueve representa el pico más alto de los 10 segundos previos. Los diseñadores pueden añadir un movimiento de pico de sobre muestreo, siempre que esté claramente marcado e identificado, especialmente después de que todo nuestro énfasis en la valoración del volumen esté basado en la sección de promedio y su escala. Un botón de pico mantener/soltar en el medidor cambia este puntero a un pico alto infinito que se mantiene hasta que se suelta. El medidor tiene un tiempo rápido de salida (también conocido como *tiempo de integración*) de una muestra digital, y un tiempo de bajada lento, ~3 segundos para bajar 26 dB. Es altamente recomendado, un contador ajustable y reajustable de OVER, que cuente el número de muestras contiguas que alcanzan la escala completa.

Sección de promedio: Un puntero adicional por encima del nivel medio movible representa el nivel medio más alto de los últimos 10 segundos. Un botón de *promedio mantener/soltar* en el medidor cambia este puntero a un *promedio más alto* infinito que se mantiene hasta soltarlo. El cálculo RMS debería mediar al menos 1024 muestras para evitar una lectura RMS oscilante con ondas sinusoidales de baja frecuencia, pero mantiene un razonable tiempo de latencia si se desea medir tonos extremos de baja frecuencia con este medidor, el cálculo RMS puede opcionalmente ser incrementado para incluir más muestras, pero a cuenta de latencia.

Balísticas: Esto es solo relevante para el medidor RMS, ya que las "balísticas" de las versiones de volumen autentico serán determinados por el algoritmo. Después del cálculo RMS se calculan las balísticas del medidor, con un tiempo de integración especifico de 600 ms para alcanzar el 99% de la lectura final (esto es la mitad de rápido que un vúmetro). El tiempo de bajada es idéntico al tiempo de integración. Los tiempos de subida y de bajada deberían ser exponenciales (log).

[Apéndice 10]

Lecturas recomendadas, CDs para las Pruebas del Equipo y el Entrenamiento del Oído

Libros

Burroughs, Lou (1974) *Microphones: Design and Application*, **Sagamore Publishing Company, Inc. Agotado. Un trabajo clásico de audio, el primer libro que publicó la norma 3 a 1 con mediciones de las frecuencias de las anomalías.**

Holman, Tomlinson (2000) 5.1 *Surround Sound: Up and Running*, **Focal Press. Incluye también guías de los problemas de ubicar los altavoces cerca de las consolas.**

Howard, David M. & Angus, James (20001) *Acoustics and Psychoacoustics*, **Focal Press. Incluye una buena explicación de la relación tiempo/frecuencia del filtrado.**

Kefauver, Alan P. (1999) *Fundamentals of Digital Audio*, **A-R Editions, Madison, WI**

Kirk, Ross & Hunt, Andy (1999) *Digital Sound processing for Music and Multimedia*, **Focal Press, Boston.**

Nisbett, Alec (2003) *The sound Studio: audio techniques for audio, television, film and recording*, **7th Edition. Focal Press. Un trabajo clásico con técnicas prácticas que nunca se pasan de moda. ¡Yo comencé con la edición de 1962!**

Owsinski, Bobby (2000) *Mastering Engineer's Handbook*, **ISBN# 0-87288-741-3. Una recopilación de entrevistas con ingenieros de masterización.**

Pohlman, Ken (2000) *Principles of Digital Audio*, **McGraw Hill.**

Watkinson, John (1988, revisado regularmente) *The Art of Digital Audio*, **Focal Press, ISBN 0 240 513207. La** *biblia* **definitiva de la industria. Este es el primer sitio al que debería acudir para obtener una información exhaustiva sobre cómo trabaja el audio digital, y las especificaciones de gran parte de los equipos e interfaces de audio digital de hoy.**

Revistas

One To One Magazine, **United Business Media International Ltd, Leics, United Kingdom, http://www.cmpinformation.com.**

Artículos publicados

Blesser, A. & Locanthi, B., (1986) *The Application of Narrow-Band Dither Operating at the Nyquist Frequency in Digital Systems to Provide Improved Signal-to-Nose Ration over Convetional Dithering*, **81ª Convención de la AES, Edición preliminar 2416.**

Cabot, Richard C. (1989) *Measuring* **AES-EBU** *Digital Audio Interfaces*, **87ª Convención de la AES Edición preliminar 2819 (I-8).**

Gerzon, M.A., Craven, P.G., Stuart, J.R., & Wilson, R.J. (1993) *Psychoacustic Noise-Shaped Improvements to CD and other Linear Digital Media*, **94ª Convención de la AES, Edición preliminar #3501.**

Lipshitz, S.P. & Vanderkooy, J. (1989) *Digital Dither: Signal Processing with Resolution Far Below the Least Significant Bit*. **7ª Conferencia Internacional de la AES-Audio In Digital Times, Toronto, 87-96.**

Muncy, Neil, Whitlock, Bill et al (1995) Recopilación de artículos definitivos sobre la toma de tierra, revestimiento, fuentes de alimentación, EMI, RFI. Journal of the AES Vol. 43 Number 6, un extracto publicado de manera especial.

Nielsen, Søren & Lund, Thomas (2000) 0 dBFS+ *Levels in Digital Mastering.* 109ª Convención de la AES, Edición preliminar #5251.

Stuart, J.R. & Wilson, R.J. (1991) *A Search for Efficient Dither for DSP Applications.* 92ª Convención de la AES, Edición preliminar #3334.

Stuart, J.R. (1993) *Noise: Methods for Estimating Detectability and Threshold.* 94ª Convención de la AES Edición preliminar #3477.

Discos Compactos

Auralia, Complete Ear Training software for musicians. Rising Software, Australia, **http://www.rising-software.com**

Grimm, Eelco, (2001) Checkpoint Audio Professional Audio Test Reference, Contekst Publishers, Netherlands, ISBN 90-806111-1-5. Test y CD de escucha que incluye el J-Test, Bonger Test, y pruebas únicas de distorsión y de escucha. Escrito en holandés sin traducción al inglés (a partir de 2002).

Moulton, David, *David Moulton's Audio Lecture Series, Golden Ears audio ear-training self-study course.* KIQ Productions (Golden Ears), o **http://www.moultonlabs.com**

Diferentes recopilaciones y tests de escucha, Chesky Records, **http://www.chesky.com**

Artículos en Internet

Dunn, Julian, AES3 y IEC60958, elemento #26 written for Audio Precision, **http://www.audioprecision.com/publications/technotes/index.htm**

Dunn, Julian, *diferentes artículos sobre la inestabilidad de fase y otros asuntos de audio,* en Nanophon, **http://www.nanophon.com.**

Lavry, Dan, *diferentes artículos sobre el muestro, el sobremuestreo, la inestabilidad de fase, etc.* **http://www.lavryengineering.com/** en el área de soporte de producto.

Story, Mike, *diferentes artículos sobre las altas tasas de muestreo, la inestabilidad de fase, etc.* DCS, Inc. **http://dcsltd.co.uk/papers/**

La propuesta del estándar SMPTE RP 200, SMPTE **http://www.smpte.org/stds/.**

TC Electronic, *artículos sobre la inestabilidad de fase, el envolvente* 5.1, o los niveles dBFS+, *etc.* **http://www.system6000.com/system6000.asp?Section=19**